УЧЕБНИКИ И УЧЕБНЫЕ ПОСОБИЯ ДЛЯ ТРУДОВОЙ ШКОЛЫ

Проф. К. Д. ПОКРОВСКИЙ

КРАТКИЙ УЧЕБНИК КОСМОГРАФИИ

Допущено Научно-Педагогической Секцией Государственного Ученого Совета

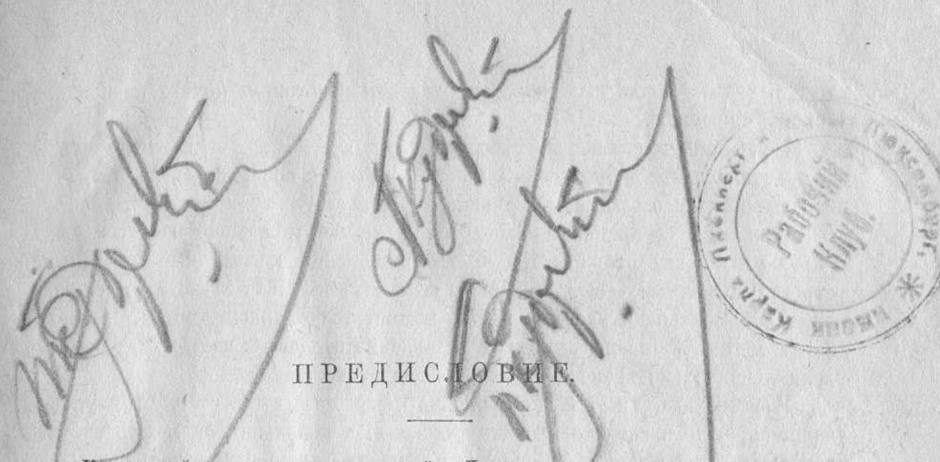




ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
ЛЕНИНГРАД
1924

Государственное Издательство
типография
Печатный Двор
Ленинград

Гиз. № 10237. Ленинградский Гублит № 11727. 6 1/8 л. Отп. 15.000 экз.



ПРЕДИСЛОВИЕ.

Космография — предмет трудный. Для лучшего усвоения его учеником весьма полезен может быть цикловой метод, но особенно важно, чтобы преподавание было возможно простое, наглядное, живое.

Не надо больших математических формул, строгих расчетов, сложных чертежей, не надо даже стенных таблиц и глобуса, ведите лучше учащихся прямо под открытое небо, покажите им непосредственно то, что есть в природе. Попробуйте подняться на верх высокого здания, с которого открывается широкий горизонт — учащимся сразу станет понятна идея определения размеров земного шара; в другой раз вечером выведите их на двор и заставьте каждого убедиться, что все звезды, повинуясь суточному движению небесного свода, изменяют свое положение относительно земных предметов; пусть они сами проведут линию от глаза к Полярной, а потом плоскость ей перпендикулярную. В один-два вечера, вы легко разберете прямо на небе явления суточного движения небесного свода, объясните, что такое меридиан, экватор, что такое азимут и высота светила, его прямое восхождение и склонение, укажите попутно главнейшие созвездия: Б.-Медведицу, М.-Медведицу, Персея, группу Плеяд... много не надо, достаточно только примеров.

Очень полезно познакомить учащихся с звездным временем и показать им расчет времени кульминации звезды, грубо приближенно, до минут, десятка минут, даже часа — лишь бы понята была идея, проверен расчет по кульминациям созвездий, которые легко признать по приложенной к книге карте. Это поможет уяснить и движение солнца.

Конечно, учащиеся после таких 3 — 4 уроков с охотой и сами будут посматривать при каждом удобном случае на небо. Не созывая класса в определенные часы, можно дальше предложить учащимся самостоятельно последить за перемещениями луны, ее фазами, можно с начала года указать какую-либо планету и просить учащихся время от времени отмечать ее положение относительно звезд. Юные наблюдатели сразу почувствуют, что имеют дело с звездой блуждающей, постепенно уяснят прямые и попятные движения планет, их остановки, узлы.

Явления параллакса легко показать на обыкновенном уроке с каким-либо предметом из классной обстановки. Можно запастись мерной лентой и

сделать в классе или на дворе определения расстояния по его параллактическому смещению.

Если найдется в школе небольшая труба, можно один час отдать на наблюдения солнца и два вечера на знакомство с поверхностью луны, планет, с двойными звездами, звездными скоплениями и туманностями.

При избытке времени можно поставить вертикальный шест на дворе и наблюдать тень, отбрасываемую им от солнца в различные дни, можно устроить солнечные часы. Конечно, нельзя пропустить затмения, если оно может наблюдаться в удобные часы, и достаточно яркой кометы. Необходимо обратить внимание учащихся на явления падающих звезд, хотя бы и не уделяя специально времени на эти наблюдения.

Присоедините к тем впечатлениям, которые вынесут из этих уроков учащиеся, еще несколько кратких рассказов и пояснений, и можно считать програму законченной. Учащиеся несомненно получат краткое, но ясное, конкретное представление о главнейших явлениях, составляющих предмет космографии, и знания их будут более ценны и прочны, чем у тех, кто проходил космографию более подробно со строгими доказательствами и различными формулами, но лишь на бумаге и доске, не наблюдая лично явлений в природе.

Полезным пособием для преподавателя может быть Русский Астрономический Календарь издания Нижегородского Кружка Любителей Физики и Астрономии.

К. Покровский.



ОГЛАВЛЕНИЕ.

		Стр.
Предисловие		
Глава I.	Горизонт. Отвес. Форма земли. Размеры земного шара	7
Глава II.	Небесный свод. Заря. Сумерки. Звездное небо. Светила, перемещающиеся между звездами . . .	9
Глава III.	Суточное движение небесного свода	15
Глава IV.	Угловые расстояния. Азимут и высота. Склонение и прямое восхождение	19
Глава V.	Звездное и солнечное время.	21
Глава VI.	Видимое движение солнца. Эклиптика. Зодиакальные созвездия. Тропики.	23
Глава VII.	Истинное и среднее солнечное время. Солнечные часы	26
Глава VIII.	Тропический год. Юлианский календарь. Григорианский календарь	27
Глава IX.	Суточное движение небесного свода — явление кажущееся. Вращение земли. Земные: полюсы, экватор, меридиан. Географические широта и долгота	28
Глава X.	Определение широты места. Определение долготы места	32
Глава XI.	Истинная фигура земли	36
Глава XII.	Доказательства вращения земли: 1) Форма земли. 2) Уменьшение силы тяжести у экватора. 3) Отклонение падающих тел к востоку	38
Глава XIII.	Параллакс. Расстояние луны от земли. Расстояние солнца от земли	40
Глава XIV.	Размеры луны и солнца	43

		Стр.
Глава XV.	Движение земли около солнца. Времена года. Земные пояса	44
Глава XVI.	Орбита земли. Годичный параллакс звезд	46
Глава XVII.	Собственное движение луны. Покрытия звезд. Фазы луны. Пепельный свет. Сидерический и синодический месяцы. Орбита луны	47
Глава XVIII.	Лунное затмение. Солнечное затмение	52
Глава XIX.	Планеты. Движения Меркурия и Венеры. Движение Марса, Юпитера и Сатурна. Система Птоломея и система Коперника. Объяснение попятных движений	57
Глава XX.	Законы Кеплера	61
Глава XXI.	Всемирное тяготение	63
Глава XXII.	Солнечная система	64
Глава XXIII.	Солнце. Вращение солнца. Грануляция. Пятна и факелы. Периодичность солнечных пятен и факелов. Вещества на солнце. Температура солнца. Солнечная корона. Протуберансы. Солнечная энергия	67
Глава XXIV.	Меркурий. Венера. Луна. Вращение луны. Атмосфера. Поверхность. Марс. Малые планеты или астероиды. Юпитер. Система Юпитера. Сатурн. Уран и Нептун. Зодиакальный свет	72
Глава XXV.	Кометы. Периодические кометы. Строение кометы. Падающие звезды. Высота возгорания. Состав метеоров. Звездные дожди	80
Глава XXVI.	Число звезд. Яркость звезд. Расстояния звезд. Природа звезд. Двойные и кратные звезды. Переменные звезды. Новые звезды. Звездные скопления и туманности. Млечный путь. Строение вселенной	83
Таблицы.	Широты и долготы главнейших городов и населенных мест Российской империи. Положение главнейших звезд, звездных скоплений и туманностей. Таблицы больших планет. Таблицы солнца, луны и спутников планет	89
Созвездия на карте		90
Звездная карта.		



ГЛАВА I.

Горизонт. Отвес. Форма земли. Выйдем на открытую равнину — над нами поднимается небо в виде купола, который как будто бы там далеко прикасается к земле.

Это видимое слияние небосклона с землей происходит во всех



Рис. 1. Часть горизонта на море.

направлениях в одинаковом от нас расстоянии. Мы находимся в центре круга, который называется *видимым горизонтом* (рис. 1).

И где бы на земле мы ни были, везде горизонт будет *круг*. Поднимемся на гору — горизонт будет шире, но это будет тоже круг (рис. 2). Это указывает, что земля имеет форму *шара*. Нашим взорам, таким образом, представляется на открытом месте поверхность шарового сегмента. Но так как размеры этой поверхности в сравнении с поверхностью всего шара очень малы, то мы не чувствуем при наших обыкновенных наблюдениях закругления и считаем ее плоскостью.

Горизонтальная поверхность есть поверхность свободной спокойной жидкости, поверхность озера, моря, океана. В каждом данном месте она перпендикулярна к направлению силы тяжести, так

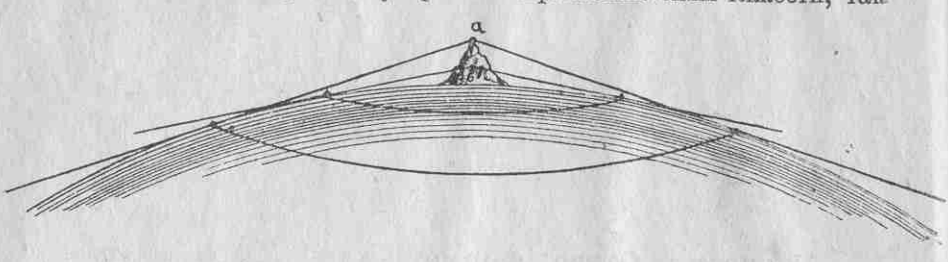


Рис. 2.

называемому **в е р т и к а л ь н о м у** или **о т в е с н о м у** направлению, которое в общем случае представляет собой направление радиуса земного шара (рис. 3).

Нитка с грузом, так называемый **о т в е с** (рис. 4), показывает нам вертикальное направление. Плоскость, касательная в данном месте к земной поверхности, будет перпендикулярна этому направлению. Это **г о р и з о н т а л ь н а я п л о с к о с т ь**.

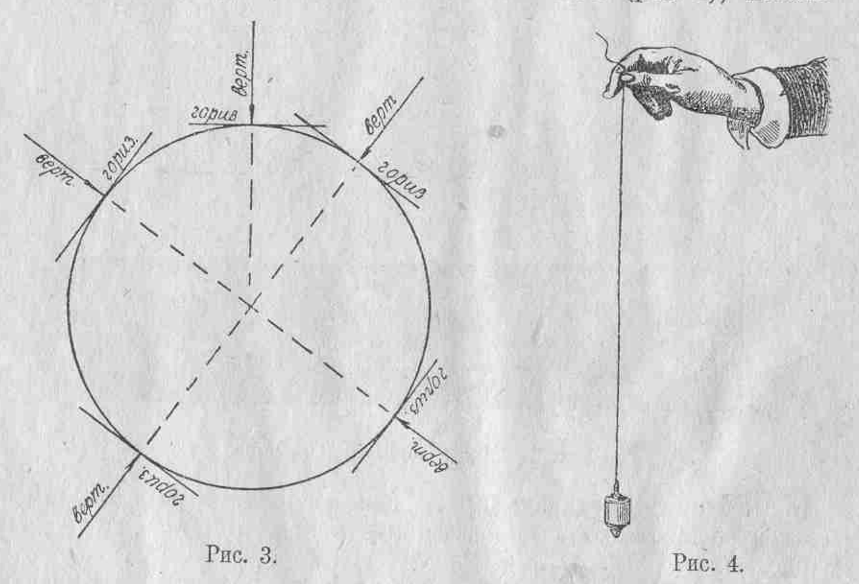


Рис. 3. Рис. 4.

Размеры земного шара. Простое наблюдение позволит нам составить приблизительное понятие о размерах земного шара. Заметим, какие предметы видны на горизонте, если смотреть с вершины горы, высота которой известна. Измерим расстояние одного

из таких предметов A (рис. 5) до подошвы горы B и тогда мы будем иметь все данные.

Пусть радиус земли — x, высота горы — h, расстояние $AB = a$.

С достаточным приближением мы можем принять отрезок прямой AC равным дуге AB, т.-е.

$$CA = BA = a.$$

Тогда по соотношению:

$$CO^2 = CA^2 + OA^2,$$

которое имеет место для прямоугольного треугольника CAO, найдем

$$(x + h)^2 = a^2 + x^2$$

или

$$x^2 + 2xh + h^2 = a^2 + x^2,$$

откуда

$$x = \frac{a^2 - h^2}{2h}$$

или

$$x = \frac{(a + h)\ (a - h)}{2h}$$

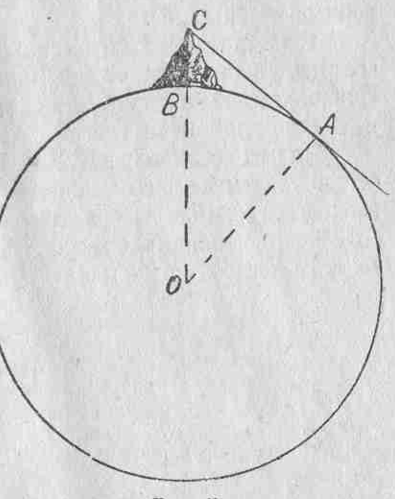


Рис. 5.

Оказывается, что с горы в 5 километров высотой мы видим приблизительно на 253 километра. Следовательно,

$$x = \frac{(253 + 5)\ (253 - 5)}{2\ .\ 5} = \frac{258\ .\ 248}{10} = 6398{,}4.$$

Приблизительно радиус земного шара можно принять равным 6.400 километров, более точно 6375.

З а д а ч а: Вычислить радиус горизонта, видимого с вершины Монблана, принимая высоту горы равной 5 километров.

$$CA^2 = CO^2 - OA^2 \text{ (рис. 5)}$$

$$CA^2 = (CO + OA)\ (CO - OA).$$

Так как $OA = 6375$ и $CO = 6375 + 5 = 6380$, то $CA^2 = 12755\ .\ 5 = 63775$, так что CA приблизительно $= 250$ километров.

ГЛАВА II.

Небесный свод. Посмотрим на небо, на котором днем господствует животворящее солнце, а ночью сияют звезды и луна. Ничто непосредственно не дает нам никаких указаний

на расстояния светил небесных от нас. Мы не чувствуем, чтобы одна звезда была дальше или ближе другой. Они все кажутся нам как бы прикрепленными к вогнутой поверхности одного свода, почти шарового, лишь несколько сплюснутого, расширяющегося у горизонта (рис. 6).

Небо представляется нам сводом и днем, потому что лучи солнца отражаются от всех частичек воздуха, окружающего землю. Освещение неба мешает нам видеть звезды, но они несомненно находятся на небе всегда.

Заря. Сумерки. Если солнце под горизонтом, то лучи его не достигают всех частей видимого нами небосклона. Перед восходом солнца загорается восток, по заходе некоторое время остается освещенным запад. Мы наблюдаем более или менее продолжительную утреннюю и вечернюю зарю. По мере осла-

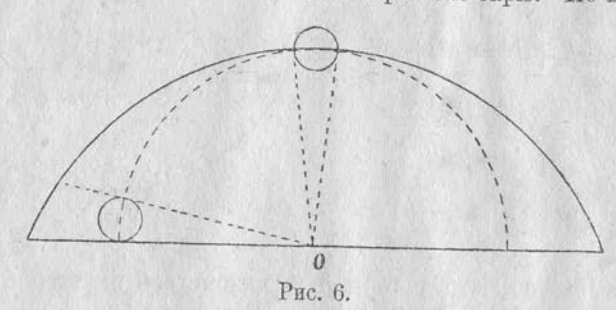


Рис. 6.

бления зари наступают сумерки, а за ними ночь; на небе загораются звезды, которые и раньше днем находились на своих местах, но не были видимы вследствие яркого освещения фона.

Если бы вокруг земли не было атмосферы, которая отражает солнечные лучи, то не было бы зари и сумерек, ночь наступила бы сразу.

Звездное небо. В темную безлунную ночь звезд на небе кажется бесчисленное множество. Но это только кажется.

Попробуйте пересчитать звезды — это возможно. Вы насчитаете их на видимой полусфере неба всего тысячи три.

При внимательном обозрении неба вы легко отметите разницу в блеске и цвете звезд. Обратите внимание на их мерцание, выделите и те фигуры, которые они составляют в том или другом месте неба — так называемые созвездия.

Замечательно, что фигуры эти постоянны. Звезды не изменяют своего положения относительно друг друга, а потому и называются неподвижными, в отличие от других светил, которые перемещаются на небе относительно звезд.

Главные созвездия выделены в глубокой древности. Названия их передавались от народа к народу. Конечно, те формы, на которые указывают

Рис. 7. Созвездия Ориона, Тельца, Малого Пса и Близнецов.

названия созвездий, могут быть представлены только с помощью фантазии (рис. 7). Теперь мы отличаем созвездия одно от другого скорее по упрощенным геометрическим фигурам.

Из отдельных звезд лишь немногие сохранили особые названия.

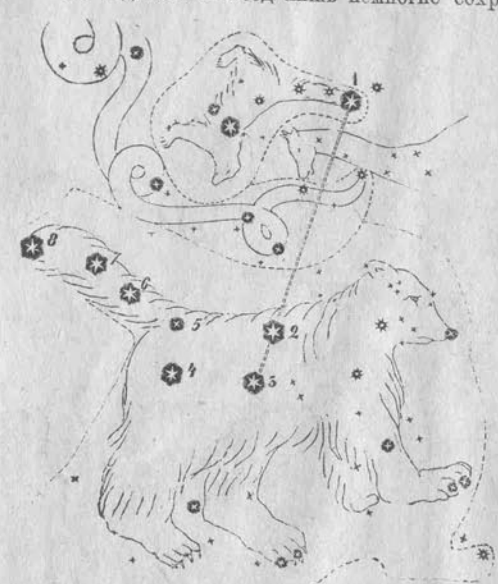


Рис. 8. Созвездие Большой Медведицы и Малой Медведицы.

Вообще же для обозначения звезд употребляются буквы греческого и латинского алфавитов, а также номера.

Одно из наиболее известных созвездий, с которого удобно начать изучение звездного неба,—Большая Медведица (рис. 8). Семь главных звезд этого созвездия образуют фигуру большого ковшика, обращающего на себя общее внимание. Если соединить звезды альфу и бэту этого созвездия прямой и продолжить эту прямую в сторону альфы на расстояние в 5 раз большее, то мы подойдем к довольно яркой звезде, так называемой альфе Малой Медведицы (рис. 9). Созвездие Малой Медведицы можно узнать тоже по фигуре ковшика, у которого только ручка изогнута иначе, чем в ковше Б. Медведицы (рис. 10).

Пользуясь картой, приложенной в конце книги, можно постепенно, переходя от созвездия к созвездию, изучить все небо.

В темную ночь интересно проследить очертания Млечного Пути — этой широкой матовой полосы, которая тянется через созвездия Близнецов, Возничего, Персея, Кассиопеи, Лебедя, Орла, Змеедержца, Скорпиона.

Светила, перемещающиеся между звездами. Заметьте, близ какой звезды находится луна, посмотрите, где она будет на другой день — вы увидите, что луна переместилась за сутки далеко налево от звезды, около которой была накануне, на следующий день она окажется еще дальше налево.

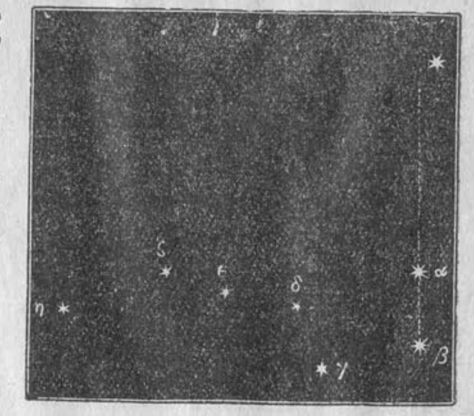


Рис. 9.

Рис. 10. Созвездия М. Медведицы, Дракона, Цефея.

Подобным образом перемещается между звездами и солнце. Только его движения непосредственно заметить нельзя, так как днем, когда солнечными лучами освещена атмосфера, нельзя видеть звезды. О том, как выяснить это движение, мы скажем ниже (глава VI), а теперь заметим только, что вследствие движения солнца между звездами, мы видим на небе ночью в различные времена года различные созвездия.

Еще в глубокой древности были известны пять очень ярких звезд, которые не сохраняют своего положения среди других звезд, а довольно удивительным образом перемещаются между ними. Греки называли их п л а н е т а м и, т.-е. звездами блуждающими, в отли-

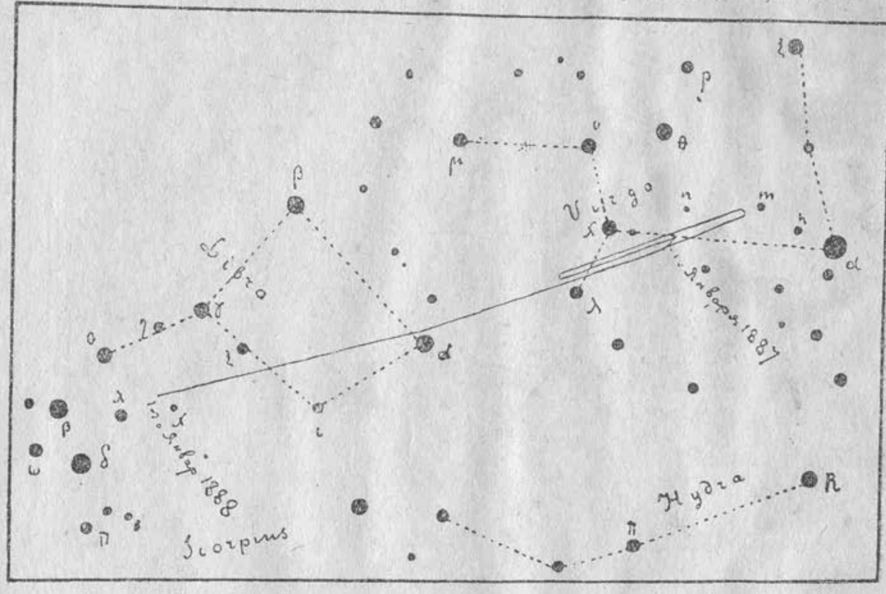


Рис. 11. Видимый путь Юпитера на небе в 1887 г.

чие от других, которые называются неподвижными, потому что они относительно д р у г д р у г а н е смещаются. В отдельности эти планеты носят названия: Меркурий, Венера, Марс, Юпитер, Сатурн. В астрономическом календаре[1]) даются положения этих планет на каждый год.

Очень интересно проследить за перемещением какой-либо планеты в течение двух-трех месяцев. На рис. 11-м мы имеем путь Юпитера с 1 января 1887 по 1 января 1888 года. Сначала планета шла налево, потом повернула направо и, повернувши вновь налево, вычертила на небе петлю. 1 января 1888 г. она оказалась уже далеко налево от того места, где была за год раньше

[1]) Русский Астр. Календарь Нижегор. Кружка Любит. Физики и Астрономии.

Иногда на небе бывают видны светила совершенно особого вида — с туманной головой и хвостом, так называемые к о м е т ы, т.-е. в о л о с а т ы е з в е з д ы. Они появляются по большей части неожиданно и бывают видимы несколько дней или недель, изменяя каждый день свое положение между звездами (рис. 12).

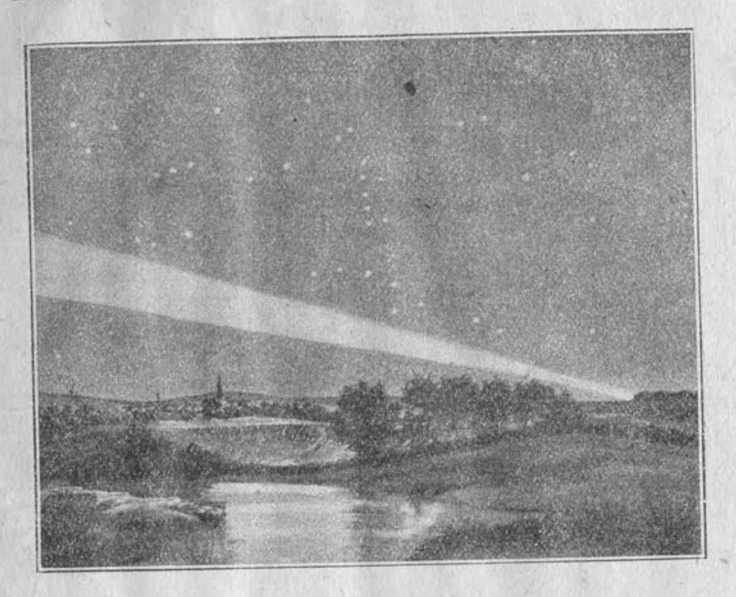


Рис. 12.

Конечно, каждому приходилось видеть, как пролетает по небу звездочка. Не думайте, что это на самом деле упала звезда из какого-либо созвездия. Все звезды на небе целы и попрежнему сияют на своем месте. Пролетело и сгорело в нашей атмосфере небольшое тельце, о природе которого будет рассказано в главе XXV.

Г Л А В А III.

Суточное движение небесного свода. Заметим звезду около дымовой трубы какого-либо дома, сухой ветки дерева или шпица на каком-нибудь удаленном здании. Придем на то же место, с которого мы смотрели, через полчаса. Мы увидим, что звезда значительно сместилась направо (рис. 13 и 14).

Вместе с нашей звездой переместились и другие. Все звезды, сохраняя свое относительное расположение, видимо перемещаются направо. Многие из них так же, как солнце и луна, поднимаются из-под горизонта — в о с х о д я т в так называемой в о с т о ч н о й

части горизонта, поднимаются все выше и выше, достигают наибольшей высоты в одной и той же плоскости в южной части небосклона и заходят на западе.

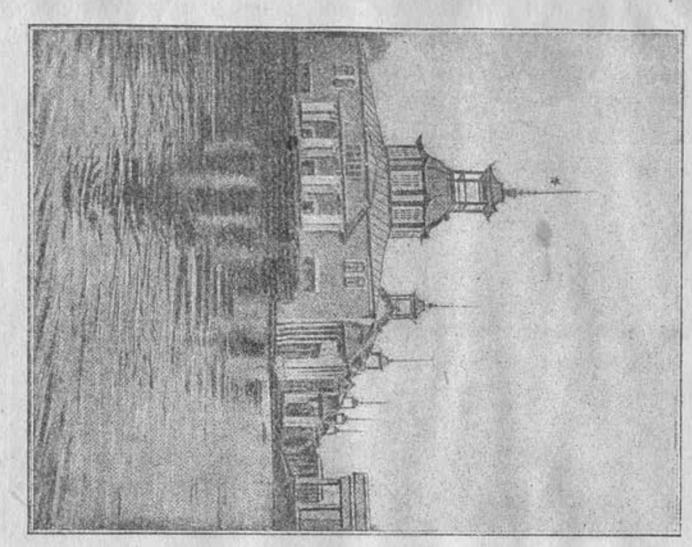


Рис. 13. Первое наблюдение: звезда налево от шпица.

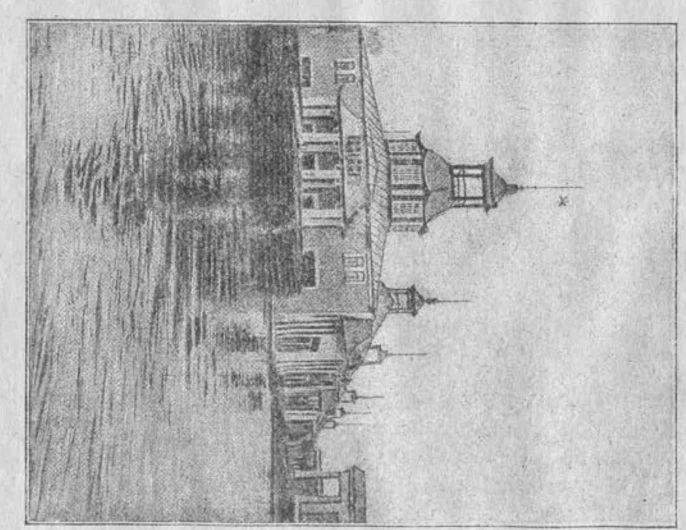


Рис. 14. Второе наблюдение: звезда направо от шпица и выше.

Каждому необходимо по собственному личному наблюдению прочувствовать и уяснить это видимое движение звезд на небесном своде.

Высота поднятия над горизонтом и дуги, которые описываются различными звездами, различны. Но плоскости, в которых видимо перемещаются светила, все параллельны, и время оборота для всех их одинаково.

Видимое перемещение светил относительно горизонта происходит таким образом, как будто бы все они были прикреплены к небесному своду, и этот свод, как одно целое, вращается около некоторой оси. Проведите мысленно линию, перпендикулярную плоскостям, в которых видимо перемещаются звезды, вы и получите ось вращения небесного свода—так называемую ось мира. Точки пересечения этой линии с небесным сводом неподвижны. Они называются полюсами. Один из полюсов—северный, выше нашего горизонта, другой — южный, под горизонтом, в южном полушарии.

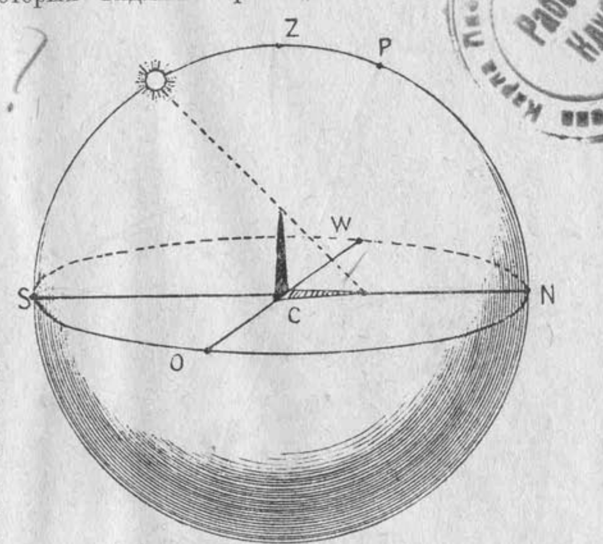


Рис. 15.

Полюсы ничем на небе не отмечены. Это воображаемые точки. Но близ нашего северного полюса находится яркая звезда — альфа Малой Медведицы, которая потому и называется Полярной.

Время полного оборота для всех звезд одно и то же. Это естественная единица для измерения времени — сутки. Поэтому путь звезды на небе называется суточной параллелью.

Точка, находящаяся над головой наблюдателя, называется зенитом (**Z**). Плоскость, проходящая через зенит, полюс и глаз наблюдателя, получила название меридиана. Это очень важная плоскость. Проходя через нее, светило достигает в своем суточном движении наибольшей и наименьшей высоты над горизонтом. Солнце мы видим в ней в полдень. Поэтому и линия пересечения меридиана с плоскостью горизонта называется полуденной линией. По этой линии ложится тень от вертикальной палки в полдень (рис. 15).

Вертикальный столб, отбрасывающий тень от солнца, представляет собой древнейший и простейший астрономический инструмент, так называемый

гномон (рис. 16). С помощью гномона еще в древнем Египте и Китае были сделаны очень важные наблюдения.

Задача 1. Показать приблизительно, как для данного места наблюдения проходит плоскость меридиана.

Задача 2. Провести полуденную линию и заметить предметы, расположенные вдоль нее.

Точки пересечения полуденной линии с окружностью горизонта называются точками юга (*S*) и севера (*N*).

Точки, отстоящие от них на 90°, — точками востока (*O*) и запада (*W*).

При полном обороте около оси мира светило два раза проходит через плоскость меридиана: один раз, поднимаясь всего выше над горизонтом, другой—спускаясь к нему всего ниже или даже скрываясь под ним. Оба эти прохождения называются кульминациями: первая верхней, вторая нижней. Нижняя кульминация следует за верхней через 12 часов.

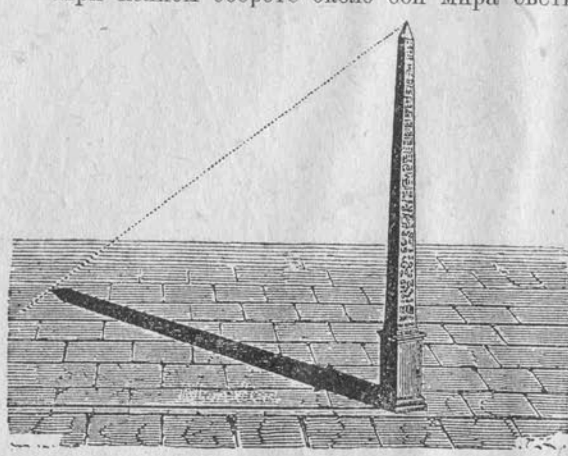


Рис. 16. Гномон в виде обелиска.

Задача 3. Во сколько часов солнце бывает в нижней кульминации?

Задача 4. Если Капелла (альфа Возничего) в верхней кульминации в 10 час. вечера, то когда она будет в нижней?

Большой круг, перпендикулярный оси мира, называется небесным экватором. Он разделяет небо на два полушария: северное и южное.

Небесный экватор пересекает горизонт как раз в точках востока и запада.

Звезды, идущие в суточном движении по экватору, остаются над горизонтом 12 часов и, следовательно, под горизонтом тоже 12 часов.

Звезды южного полушария проходят над нашим горизонтом меньшую часть своего пути. Восходят они между точками востока и юга, заходят симметрично между точками юга и запада. Некоторые из них совсем не поднимаются над нашим горизонтом, мы не видим их ни на один момент.

Наоборот, звезды северного полушария остаются над нашим горизонтом больше 12 часов и чем дальше они от экватора, тем большую часть своей суточной параллели описывают они над горизонтом, тем меньшую под горизонтом. Восходят они к северу от точки востока и заходят севернее точки запада. Некоторые звезды даже совсем не опускаются под горизонт—это звезды незаходящие. Если бы можно было видеть звезды днем, мы могли бы проследить их перемещения по целому кругу.

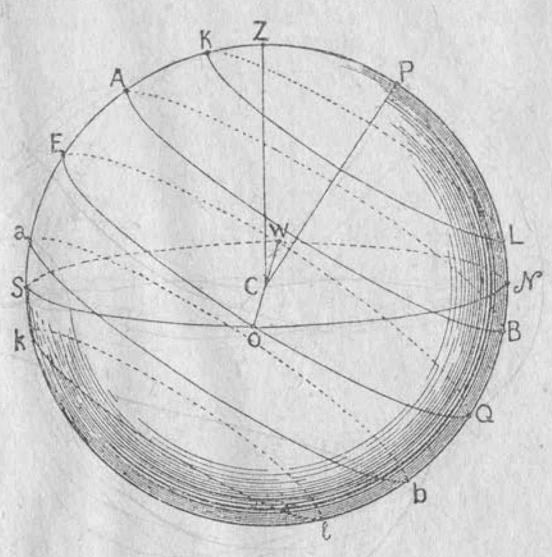


Рис. 17.

На рис. 17-м линия *CP* представляет направление оси мира, точка *C*— глаз наблюдателя, *P* — полюс, *Z* — зенит, плоскость *SWNO*—горизонт, *PZSN* — меридиан, линия *SN* — полуденная линия, *EQ* — экватор, *ab* — суточная параллель южной звезды.

AB — суточная параллель северной звезды вообще,
KL — суточная параллель звезды незаходящей } для данного горизонта.
kl — суточная параллель звезды невосходящей } для данного горизонта.

ГЛАВА IV.

Угловые расстояния. Чтобы можно было сделать более определенные выводы из того, что дают наблюдения, в большинстве случаев нельзя ограничиться простым обозрением неба, и нужно ввести меру. Но измерять на небе, конечно, нельзя ни аршинами, ни метрами, ни какими-либо другими линейными мерами. При измерениях расстояний на небе, а также видимых размеров светил можно употреблять только углы. Так, например, диаметр лунного диска измеряется $^1/_2$ градуса, расстояние между альфой и бэтой Большой Медведицы равно $5^1/_2$ градуса.

Азимут и высота. Положим, нам нужно указать, где находилось относительно горизонта светило в данный момент. Для этого достаточно дать два угла. Проведем через светило вертикальную плоскость и отметим угол, который она делает с плос-

костью меридиана. Этот двугранный угол (A) будет измеряться плоским углом MCN, которому соответствует дуга MN (рис. 17). Он называется азимутом светила. Если азимут дан, то мы знаем, в какой вертикальной плоскости искать светило. Остается решить только, как высоко надо поднять наши взоры. Это определяет дуга NS или угол луча зрения CS с горизонтом, т.-е. угол NCS. Он называется высотой светила (h).

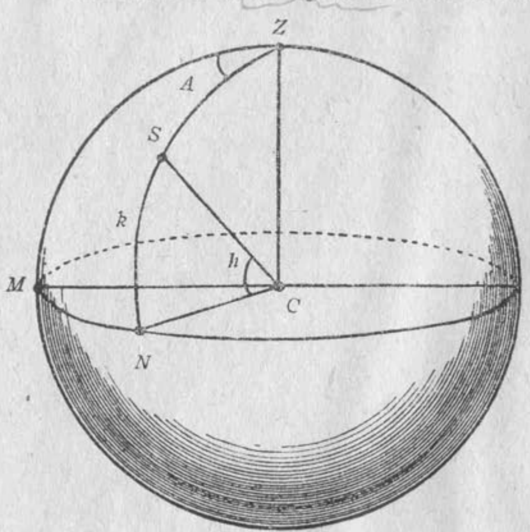


Рис. 18.

Высоты считаются от горизонта до зенита в пределах от 0^0 до 90^0.

Азимуты отсчитываются от точки юга в сторону востока и в сторону запада от 0^0 до 180^0.

Задача. Показать приближенно направление меридиана и оценить грубо азимут и высоту какой-либо яркой звезды для данного момента наблюдения.

В силу суточного движения небесного свода высота и азимут светила постоянно изменяются. В каждый следующий момент и азимут и высота светила уже другие, чем в предыдущий.

Склонение и прямое восхождение. Если взять за основную плоскость — плоскость экватора, то положение светила определяется двумя постоянными углами.

Проведем через полюс P (рис. 19) и светило S перпендикулярно экватору большой круг. Дуга AS этого круга представит угловое расстояние светила от экватора, так называемое склонение (δ), которое при суточном движении небесного свода не изменяется, так как светило описывает окружность параллельную экватору. Дуга экватора ΥA — от некоторой определенной точки экватора, так называемой точки весеннего равноденствия (см. гл. VI), до подошвы дуги AS круга склонения — есть вторая величина, определяющая, в какой плоскости искать светило на данном расстоянии от экватора. Она называется прямым восхождением (α) светила.

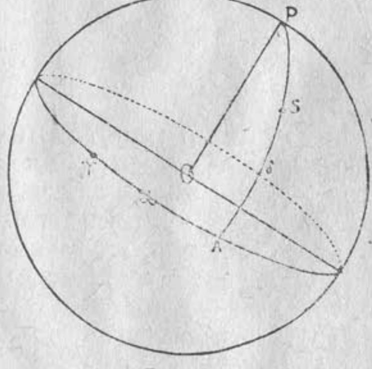


Рис. 19.

Очевидно, что прямое восхождение аналогично азимуту, а склонение — высоте.

Светило может находиться к северу и к югу от экватора. Условились в первом случае считать склонение положительным от 0^0 до 90^0, а во втором — отрицательным от 0^0 до 90^0.

Прямое восхождение считается от 0^0 до 360^0 от точки весеннего равноденствия в сторону, противоположную видимому вращению небесного свода; таким образом в суточном движении раньше кульминируют звезды с меньшим прямым восхождением, потом идут с бо́льшим.

ГЛАВА V.

Звездное и солнечное время. В первый ясный вечер сделайте такое наблюдение: заметьте, когда какая-либо яркая звезда спрячется за трубой соседнего дома или еще лучше за шпицом какого-либо здания (рис. 20). Подкараульте то же явление на другой день с того же места наблюдения. Вы увидите, что оно произошло на 4 минуты раньше, чем накануне. На следующий день оно произойдет еще на 4 минуты раньше и т. д. Вы убедитесь, что ваши часы отстают от небесного свода. Мы живем по солнцу, а солнце не сохраняет своего положения среди звезд на небе. Оно все время понемногу перемещается в сторону, противоположную суточному вращению небесного свода. Вследствие этого оно не успеет закончить своего суточного оборота в то время, когда звезда уже обошла по полному кругу. Солнечные сутки, таким образом, длиннее звездных. Разность приблизительно равна 4 минутам. Часы, идущие по звездному времени, уходят поэтому вперед сравнительно с солнечными часами прибли-

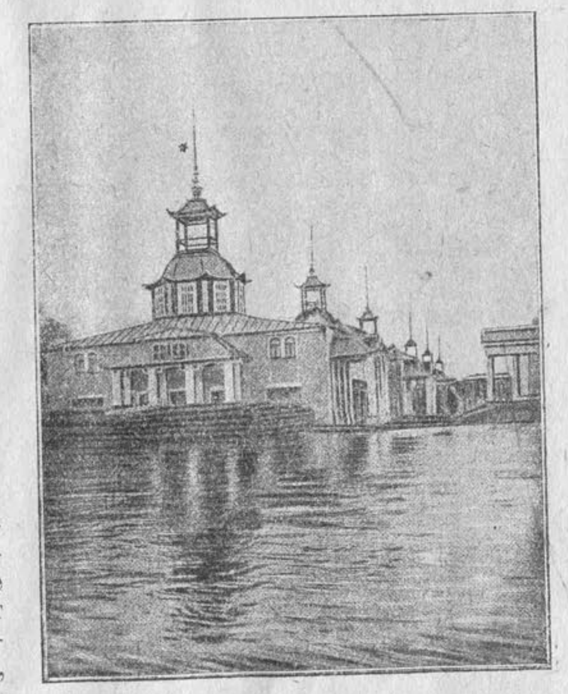


Рис. 20.

зительно на 4 минуты в сутки, на 2 часа в месяц, на 4 часа — в два месяца и т. д.

Началом звездных суток считают момент верхней кульминации точки весеннего равноденствия.

Солнце бывает в этой точке, как увидим в следующей главе, числа 21 марта. В этот день, таким образом, точка весеннего равноденствия будет в верхней кульминации вместе с солнцем, т.-е. в полдень.

Если условимся считать наши солнечные сутки с полудня, то следовательно, в этот день начало солнечных и звездных суток совпадают. Но звездные сутки кончаются раньше солнечных, поэтому на следующий день в полдень, когда кончатся солнечные сутки, на звездных часах мы будем иметь уже 4 минуты новых звездных суток, 23-го марта в полдень на звездных часах будет стоять 8 минут, 21-го апреля в полдень — 2 часа, 21-го мая — 4 часа и т. д.

Легко рассчитать приближенное звездное время для каждого данного момента. Положим, например, мы хотим знать, сколько будут показывать звездные часы 25 октября в 6 часов вечера. Ведем расчет так: от 21 марта до 21 октября звездные часы уйдут вперед сравнительно с нашими часами приблизительно на 14 часов, за 4 дня от 21 до 25 октября еще на 16 минут, следовательно, в полдень 25-го октября звездные часы будут показывать около 14 с четвертью часов; через 6 часов после полудня, т.-е. в 6 часов вечера, на них будет стоять приблизительно **$20^1/_4$ часов** [1]).

Задача I. Какое звездное время в полдень 21-го августа.

Отв. Приблизительно 10 час.

Задача II. Какое звездное время в 10 час. вечера 21 сентября.

Отв. Приблизительно 22 часа.

Задача III. Какое звездное время в полночь с 31-го декабря на 1-е января.

Отв. Приблизительно $6^3/_4$ час.

Момент кульминации светила. В течение звездных суток, т.-е. за 24 звездных часа, свод небесный делает полный оборот, в 1 час он поворачивается на 15°.

Следовательно, звезда, прямое восхождение которой равно 15°, пройдет через меридиан позднее, чем точка весеннего равноденствия, на 1 час. Та звезда, прямое восхождение которой 30°, запоздает на 2 часа; для которой прямое восхождение 45° — на 3 часа и т. д.

Вместо угла можно поэтому для измерения прямого восхождения ввести время, считая каждые 15° за 1 час, каждые 15 минут дуги за 1 минуту времени [15′ соответствуют 1 мин.], 15 секунд дуги за 1 секунду времени [15″ — 1 сек.]. Таким образом можно сказать, что прямое восхождение звезды

2 часа,	если оно равняется	30°
3 »	» » »	45°
5 час. 6 мин.	»	76°30′

и т. д.

За начало звездных суток, как упомянуто, принимается момент верхней кульминации точки весеннего равноденствия. Следовательно, когда точка весеннего равноденствия находится в верхней кульминации, то звездные часы

[1]) При точных вычислениях звездное время в полдень для данного дня надо взять из календаря с поправкой для каждого места наблюдения и надо выразить промежуток времени от полудня до данного момента в звездном времени, помня, что звездные сутки на 4 минуты короче солнечных. Но в данном случае такие вычисления совершенно излишни.

должны показывать 0 часов. Звезда с прямым восхождением 2 часа пройдет через меридиан позднее точки весеннего равноденствия на 2 часа, т.-е. звездные часы в момент верхней кульминации такой звезды будут показывать 2 часа. Вообще звездное время в каждый данный момент равно прямому восхождению тех звезд, которые находятся тогда в верхней кульминации.

Обратно — звезда будет в верхней кульминации в тот момент, когда звездное время сделается равным ее прямому восхождению.

Задача. Какие звезды будут в верхней кульминации в 8 час. вечера 28-го августа?

Нам нужно рассчитать, какое звездное время будет в 8 часов вечера 28-го августа.

21-го августа в полдень звездное время приблизительно 10 часов.

28-го августа . . . . 10 час. 28 мин.
в 8 час. вечера 28-го августа . . . . 18 час. 28 мин.

Следовательно, в 8 час. вечера 28-го августа вблизи меридиана в верхней кульминации будут все звезды, прямое восхождение которых приблизительно $18^1/_2$ часов.

В списке звезд, приложенном в конце книги, найдем

γ Дракона с прямым восхождением	17 час.	54 мин.
α Лиры	18 »	34 »
ε Лиры	18 »	41 »

Первая из этих звезд уже прошла через меридиан, третья еще к востоку от него, вторая приблизительно в меридиане.

Задача обратная: В какое время по нашим обыкновенным часам будет в верхней кульминации Вега [α Лиры] 3-го мая?

В списке звезд в конце книги находим, что прямое восхождение Веги 18 час. 34 мин. Следовательно, Вега будет в верхней кульминации, когда звездное время равно 18 час. 34 м., но в полдень 3-го мая звездное время = 2 часа 48 мин.

Следовательно, Вега будет в верхней кульминации 3-го мая через 15 час. 46 мин. [=18 час. 34 м. — 2 час. 48 мин.] после полудня, т.-е. в 3 час. 46 мин. ночи.

Поправка часов. Часовой механизм, даже сделанный самым искусным мастером, не может итти абсолютно точно. Но, наблюдая движение небесных светил, мы можем поверять наши часы.

Например, звезда альфа Лебедя, прямое восхождение которой 20 час. 38 мин., должна находиться в верхней кульминации в 20 час. 38 мин. по звездному времени. Если же в этот момент часы показывают 20 час. 35 мин., то они отстают на 3 минуты.

От звездного времени можно перейти к солнечному и таким образом получить поправку тех часов, по которым мы живем.

ГЛАВА VI.

Видимое движение солнца. Перемещение солнца между звездами заметить непосредственно нельзя потому, что около солнца не видно звезд. Но то обстоятельство, что в суточном движении солнце делает оборот в большее время, чем каждая звезда, прямо указывает, что оно не сохраняет своего места между звездами, а перемещается в направлении обратном видимому вращению небесного свода. При этом изменяется и расстояние солнца

от экватора — все знают, что летом солнце проходит над нашим горизонтом выше, чем зимой.

Эклиптика. Если наблюдать каждый день по звездным часам время прохождения солнца через меридиан и при этом измерять высоту его над горизонтом, то нетрудно выяснить, что за год солнце видимо переместится между звездами по большому кругу, который наклонен к экватору под углом в $23^1/_2{}^0$. Круг этот называется эклиптикой. Он пересекает экватор в двух так называемых равноденственных точках ♈ и ♎ (рис. 21). Название это произошло оттого, что в те дни, когда солнце на экваторе, оно в суточном движении небесного свода

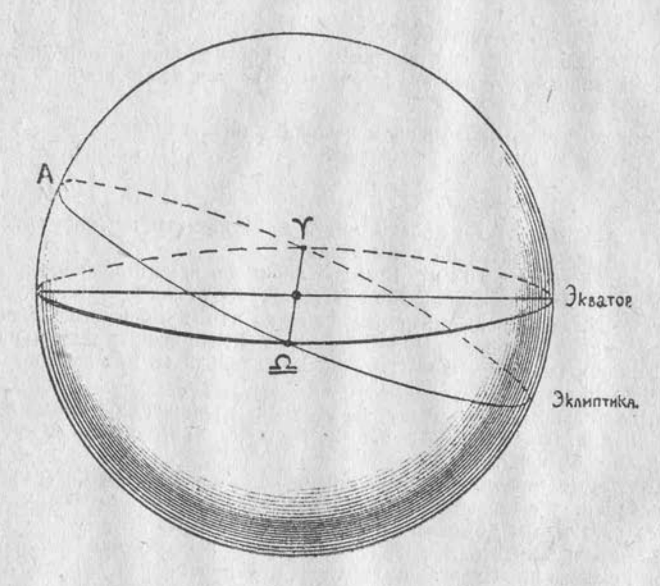


Рис. 21.

остается над горизонтом столько же, сколько и под горизонтом, т.-е. 12 часов (см. стр. 18). День равен ночи.

Что касается обозначений, то они напоминают созвездия, в которых раньше находились эти точки: созвездие Овна (♈ — как бы рога барана) и созвездие Весов (♎).

В точке ♈ солнце бывает около 21-го марта. Это точка весеннего равноденствия. В точке ♎ солнце переходит из северного полушария в южное 24-го сентября. Это точка осеннего равноденствия.

22-го или 23-го июня солнце находится в A — наиболее удаленной от экватора точке эклиптики, и поднимается над горизонтом данного места наблюдения в северном полушарии всего

выше (рис. 22). Оно описывает за сутки параллель AB, восходит на северо-востоке, заходит на северо-западе. Наиболее длинный день, наиболее короткая ночь.

Наоборот 23-го декабря солнце в a — наиболее удаленной от экватора точке южной части эклиптики. За сутки оно описывает параллель ab, поднимается над горизонтом наблюдателя в северном полушарии ненадолго, большую часть своего суточного пути совершает под горизонтом. Наиболее длинная ночь, наиболее короткий день.

Чем выше стоит солнце, тем меньше тень, отбрасываемая палкой. Поставим на дворе вертикально шест и будем каждый

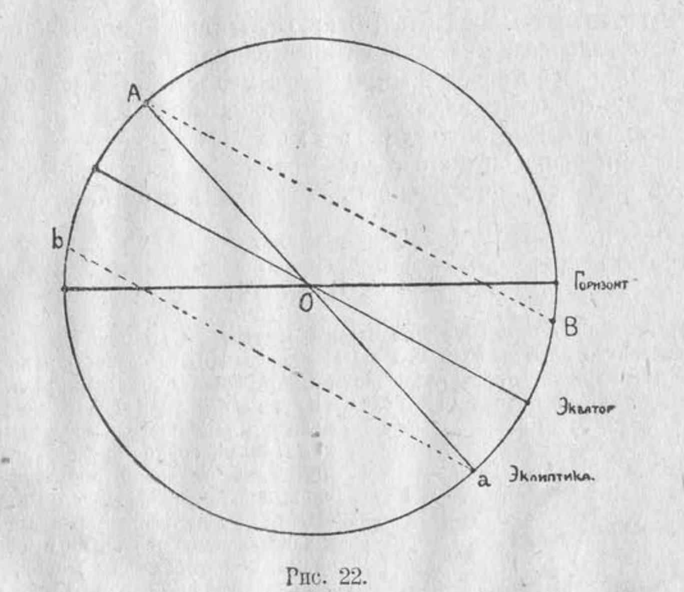


Рис. 22.

день около 22 июня измерять в полдень отбрасываемую им тень (стр. 17). Мы увидим, что величина этой тени будет почти постоянна. Следовательно, наибольшая высота солнца над горизонтом в эти дни почти одинакова.

То же самое будет и около 23 декабря. Правда теперь по величине тень от того же шеста будет гораздо длиннее, так как высота солнца над горизонтом гораздо меньше, но она будет изменяться ото дня ко дню очень мало.

Вот почему точки A и a эклиптики получили название точек летнего и зимнего солнцестояний.

Зодиакальные созвездия. Вдоль эклиптики располагаются созвездия: Рыбы, Овен, Телец, Близнецы, Рак, Лев, Дева, Весы, Скорпион, Стрелец, Козерог и Водолей. Они называются эклиптическими или зодиакальными.

Весной солнце проходит по созвездиям Рыб, Овна и Тельца, в полночь на юге мы последовательно видим противоположные созвездия: Деву, Весы и Скорпиона.

Летом солнце в созвездиях Близнецов, Рака и Льва — в полночь на юге — созвездия Стрельца, Козерога и Водолея. Эта часть эклиптики, наиболее удаленная от экватора в южном полушарии, едва поднимается над горизонтом в наших северных широтах.

Осенью и зимой, наоборот, солнце в южной части эклиптики, оно проходит по созвездиям Девы, Весов, Скорпиона, Стрельца, Козерога, Водолея, а в полночь на юге мы видим: в сентябре созвездие Рыб, в октябре часть созвездия Рыб и созвездия Овна, в ноябре созвездие Тельца, в декабре — Близнецов, в январе — Рака и Льва, в феврале созвездие Льва.

Таким образом, зимой вообще нашим наблюдениям доступна та часть эклиптики, которая высоко поднимается над горизонтом.

Тропики. Параллельные круги, которые описывает в суточном движении солнце в дни солнцестояний, называются тропиками или поворотными кругами. Суточная параллель солнца 22-го июня называется тропиком Рака, суточная параллель 23-го декабря тропиком Козерога (потому что в древности точка летнего солнцестояния находилась в созвездии Рака, а точка зимнего солнцестояния в созвездии Козерога).

ГЛАВА VII.

Истинное и среднее солнечное время. Суточный оборот солнца приблизительно на 4 минуты больше звездного. Но эта разность непостоянна. Солнце так движется, что запаздывает сравнительно со звездами то несколько больше, то меньше. Истинные солнечные сутки, т.-е. промежуток между двумя последовательными прохождениями солнца через меридиан, не представляют собой постоянной величины, и потому не могут служить единицей для измерения времени. Ввели так называемое среднее солнечное время, по которому мы живем. Четыре раза в году: около 14-го апреля, 14-го июня, 31 августа и 23 декабря оно совпадает с истинным, вообще же несколько отличается: или назади или впереди его. Наибольшая разность около четверти часа.

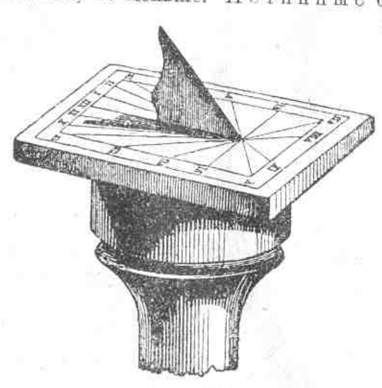


Рис. 23.

В календарях даются таблицы этих разностей для каждого дня года. Пользуясь ими, можно поверять часы по солнцу.

Солнечные часы. На горизонтальной доске (рис. 23) вертикально поставлена дощечка в виде треугольника, одна сторона которого направлена по оси мира. На этой доске наносятся также прямые линии соответственно тому, как ложится край тени, отбрасываемой дощечкой, когда она освещается солнцем в различные часы дня. Чтобы поверить наши часы, дождемся момента, когда край тени ляжет по какой-либо линии и запишем показания наших часов.

Если часы верны, то их показание должно равняться числу часов, соответствующему линии, по которой легла тень, плюс разность между истинным и солнечным временем по таблице календаря.

Положим, например, 19-го июля утром наблюдалось прикосновение края тени к линии X, когда часы показывали 10 час. 2 мин. Из таблицы календаря мы увидим, что в этот день среднее солнечное время впереди истинного на 6 минут.

Таким образом,

Истинное время = 10 час.
Поправка на среднее + 6 мин.
Среднее время = 10 час. 6 мин.
Показание часов = 10 час. 2 мин.

Следовательно, часы назади на 4 минуты.

ГЛАВА VIII.

Тропический год. Средние солнечные сутки составляют одну основную единицу для измерения времени в нашей жизни. Другая единица — так называемый тропический год, т.-е. промежуток времени между двумя последовательными прохождениями солнца через точку весеннего равноденствия.

К сожалению, год не может быть выражен целым числом суток. Он равняется 365,2422 ср. суток или 365 суток 5 час. 48 мин. 46 сек. Вследствие этого является большое неудобство в счислении времени, и начало года приходится устанавливать условно.

Юлианский календарь. В календаре, введенном при императоре Юлии Цезаре, год принят на 11 мин. 14 сек. длиннее настоящего, т.-е. равным $365^1/_4$ суток, при чем три года подряд считаются по 365 дней, а каждый четвертый в 366 дней.

Годы, кратные 4, называются у нас високосными; это название представляет испорченное латинское слово bissextilis, т.-е. год, в котором было два шестых дня перед мартовскими календами [1]).

Юлианский календарь был принят на Никейском соборе в 325 г. и до 1918 г. употреблялся в России.

Он очень прост и изящен, но не точен. Небольшая, повидимому, разница принятого числа дней в году от действительного (11 мин. 14 сек.) с течением времени становится заметной.

Ошибка в 1 день при юлианском летосчислении накопляется в 128 лет, в 1280 лет она достигает уже 10 дней.

Чем крупнее единица, тем меньшее число раз она повторится при измерении какой-либо величины. В юлианском календаре год принят больше действительного. Поэтому юлианский календарь отстает от солнца.

---

[1]) Календы — первый день месяца. 24-е февраля считалось шестым днем перед календами мартовскими. В високосном году было два таких шестых дня перед календами мартовскими.

Григорианский календарь. В 325 году начало весны пришлось 21-го марта, а в XVI столетии солнце проходило через точку весеннего равноденствия по календарю уже 11-го марта. Папа Григорий XIII решил привести календарь в большее согласие с природой. Он повелел сразу передвинуться в календарном счете на 10 дней вперед, считая в 1582 г. вместо 5-го октября 15-е. Чтобы не накоплялась и в будущем ошибка, как в юлианском летосчислении, решено было все сотенные годы, число сотен которых не делится на 4, считать простыми.

Таким образом, год 1600 как в юлианском, так и в григорианском календаре считался високосным, но 1700, 1800 и 1900 г.г. в юлианском календаре были високосные, а в григорианском простые, вследствие чего разность нового стиля (григорианский календарь) и старого (юлианский календарь) в XVIII столетии сделалась равной 11 дням, в XIX — 12 дням, а после 1900 г. — 13 дням.

Ошибка в один день в григорианском летосчислении накопляется только за 3000 лет, и для нашей жизни существенного значения иметь не может.

В феврале 1918 г. декретом Совета Народных Комиссаров григорианский календарь введен в СССР вместо юлианского.

ГЛАВА IX.

Суточное движение небесного свода — явление кажущееся. Вращение земли. Весьма многим, конечно, знаком такой обман чувства. Вы уезжаете на пароходе. Вот подан знак к отвалу, и вдруг вы видите, что пристань и берег уходят от вас. Конечно это тронулся пароход, на котором вы стоите, но он велик, вы не чувствуете никаких сотрясений при его еще медленном движении, все окружающие вас предметы перемещаются вместе с вами, вы видите себя в прежней обстановке и вам *кажется*, что внешние предметы удаляются от вас, а не вы отдаляетесь от них с пароходом.

Такой же обман чувства испытываем мы все, наблюдая суточное движение небесного свода. Мы говорили, что солнце, луна и звезды восходят, поднимаются на известную высоту, вновь склоняются к горизонту и потом заходят, что весь свод небесный вращается около некоторой оси, но те же явления должны происходить и в том случае, если все светила небесные останутся спокойно на определенных местах в пространстве и только земля будет вращаться около оси мира в сторону, обратную той, в которую нам кажется вращается небесный свод.

Возьмем на земле сечение, перпендикулярное этой оси. Пусть на рис. 24 мы будем иметь три положения наблюдателя a при

вращении земли по стрелке. В первом случае светило S будет лишь немного приподнято над горизонтом наблюдателя, во втором

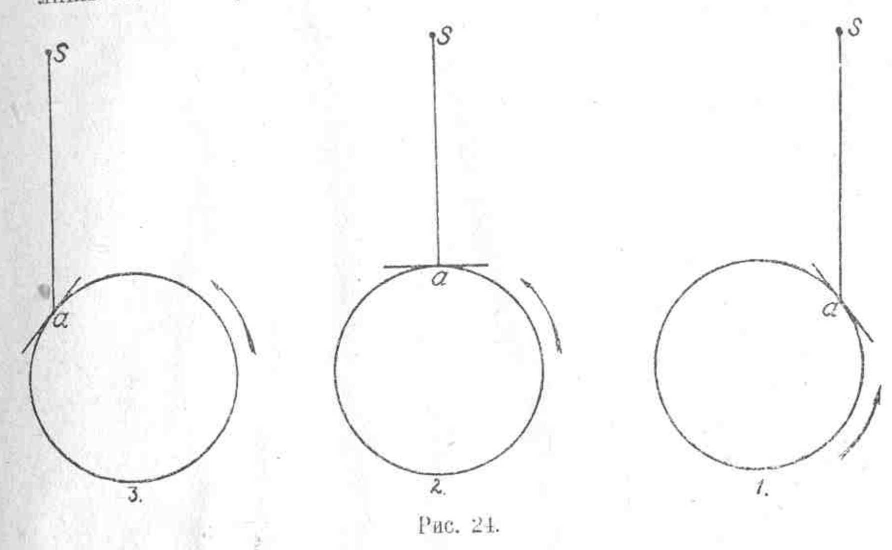


Рис. 24.

оно достигло наибольшей высоты, в третьем оно вновь опустилось к горизонту, заходит. Когда данное место на земной поверхности

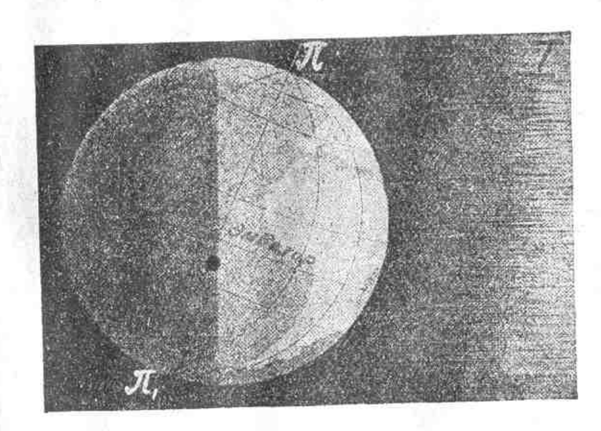


Рис. 25.

обращено к солнцу, на него падают его лучи, здесь день. Когда оно унесется вращением земли на противоположную от солнца сторону, для него будет ночь (рис. 25).

Второй взгляд проще, естественнее, но он не согласуется с нашим непосредственным ощущением, и человечество прожило много тысячелетий прежде, чем был понят этот обман чувства. Теперь есть и реальные доказательства того, что вращается сама земля, а не свод небесный со всеми видимыми на небе светилами. Некоторые из них будут указаны в главе XII.

Верным объяснением явлений суточного движения небесного свода мы обязаны Копернику (1473 — 1543 г.) (рис. 26).



Рис. 26. Николай Коперник.

Земные: полюсы, экватор, меридиан. Ось вращения земли и есть та линия, вокруг которой видимо вращается небесный свод для наблюдателя в данном месте земной поверхности. Точнее, она параллельна той линии, которую наблюдатель называет осью мира (на рис. 27 aP — ось мира для наблюдателя в точке a, cP — ось вращения земли). Но размеры земли, как оказывается, так малы сравнительно с расстояниями небесных тел, что мы можем при наших построениях считать землю просто точкой.

Ось земли проходит, конечно, через центр, она пересекает поверхность в двух диаметрально противоположных точках, так называемых земных полюсах, остающихся при вращении земли неподвижными.

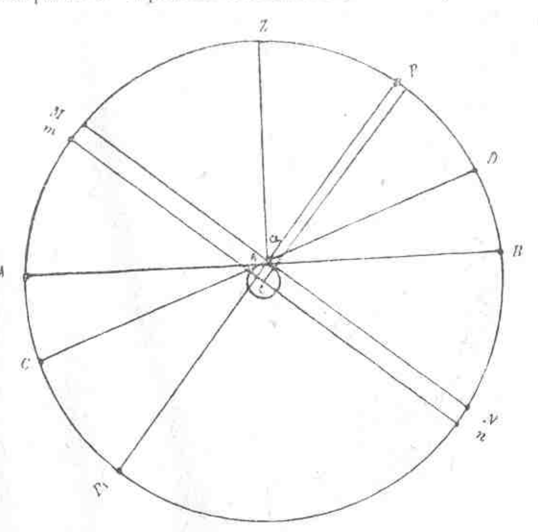


Рис. 27.

Плоскость, перпендикулярная оси вращения и проходящая через центр (плоскость mn на рис. 27), есть плоскость земного **экватора**, разделяющего землю на два полушария—северное и южное.

Небесный экватор MN, который мысленно проводит наблюдатель в месте своего наблюдения, всегда параллелен земному. Но горизонт — плоскость касательная к земной поверхности, изменяет свое направление вместе с изменением места наблюдения. Изменяется и угол его с экватором, а следовательно и с осью вращения земли, т.-е. изменяется высота полюса над горизонтом. В точке a горизонт AB и высота полюса $\angle PaB$. В точке b горизонт CD, высота полюса $\angle PbD$.

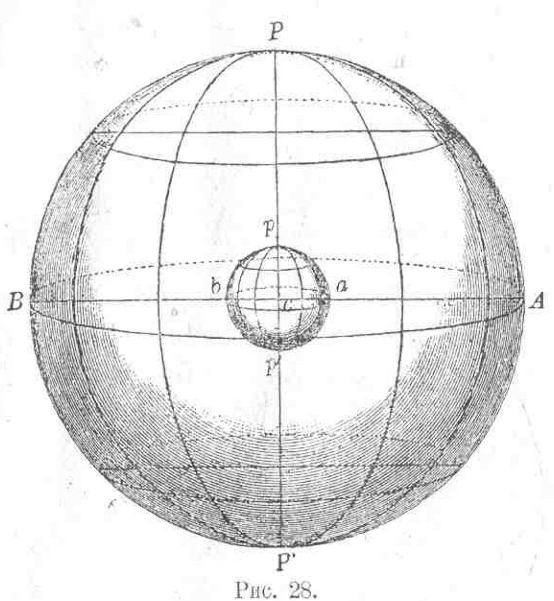


Рис. 28.

Плоскость, проходящая через ось земли и место наблюдения, называется **географическим меридианом**. Это, конечно, есть плоскость небесного меридиана в данном месте наблюдения, которая определяется двумя прямыми линиями: осью мира и вертикальной линией в месте наблюдения. На рис. 28

точки p и p' — полюсы земные, точки P и P' — полюсы небесные, ab — земной экватор, AB — экватор небесный. Круги, перпендикулярные ab, проходящие через полюсы p и p' — меридианы географические, круги перпендикулярные AB, проходящие через полюсы PP' — меридианы небесные.

Рис. 29.

Географическая широта и долгота. Для определения положения какого-либо места z на земной поверхности служат две величины (рис. 29):

1) Г е о г р а ф и ч е с к а я ш и р о т а — угловое расстояние от экватора, считаемое по меридиану места, т.-е. дуга Bb, или угол φ.

2) Г е о г р а ф и ч е с к а я д о л г о т а — угол λ между меридианом места b и меридианом другого, вполне определенного, известного пункта a.

Широта считается к югу и к северу от экватора.

Долгота — к востоку и западу от меридиана пункта a; так, Самара лежит к востоку, а Каменец-Подольск к западу от Пулкова [1]). Само Пулково, так же, как Каменец-Подольск и Самара, находится к востоку от Гринвича [2]) и т. д.

Г Л А В А X.

Определение широты места. Положим, наблюдатель находится в точке A (рис. 30), AH — горизонт, AP' — направление оси мира, параллельное оси вращения земли OP, EE_1 — экватор. Очевидно, что $\angle EOA$ — широта места A. Но этот угол, по перпендикулярности сторон, равняется $\angle P'AH$.

Угол $P'AH$ представляет высоту полюса над горизонтом. Таким образом, г е о г р а ф и ч е с к а я ш и р о т а данного места на земной поверхности равняется в ы с о т е п о л ю с а над горизонтом этого места. Следовательно, для того, чтобы определить угловое расстояние данного места от экватора, т.-е. найти его широту, надо определить высоту полюса над горизонтом. При грубых, приближенных определениях достаточно просто найти высоту Полярной.

[1]) В Пулкове близ Ленинграда находится наша главная астрономическая обсерватория.

[2]) В Гринвиче близ Лондона главная английская астрономическая обсерватория.

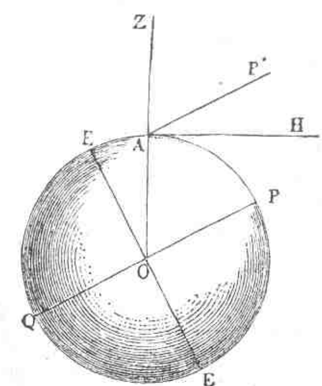


Рис. 30.

Практическая задача. С помощью транспортира определите географическую широту того города, в котором вы живете.

Приложивши глаз к транспортиру, направьте его диаметр (рис. 31) на полярную звезду S.

Пусть в это время ваш помощник держит нитку с грузом у центра O и отсчитает то число градусов на транспортире, которое закрывается ниткой отвеса. Очевидно, высота полюса $AOB = COD$ по перпендикулярности сторон.

Положим, например, что нитка отвеса покрывала 44 градуса. Тогда широта места $= 90° - 44° = 46°$.

Переезжая с севера на юг, мы увидим, что Полярная спускается все ниже и ниже к горизонту. В Ленинграде она стоит на высоте 60°, в Ялте на $44^1/_2$°. Такая разность высот Полярной на первый раз поражает наблюдателя.

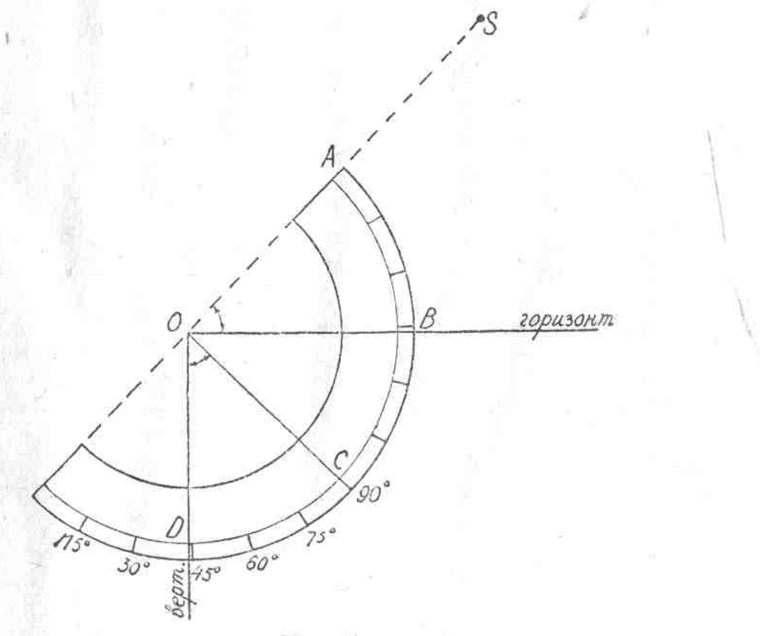


Рис. 31.

Определение долготы места. Суточное движение небесного свода совершается в направлении от востока к западу. Если в Пулкове полдень, т. е. солнце проходит через пулковский меридиан, то в Казани, которая лежит к востоку от Пулкова, полдень уже был, там считается уже больше 12 часов. Наоборот, в Каменец-Подольске, который лежит к западу от Пулкова, полдень еще не наступал.

Вращение небесного свода происходит в 24 часа. Следовательно, в каждый час он поворачивается на 15°, в каждую минуту — на 15′, в каждую секунду — на 15″. Поэтому разность

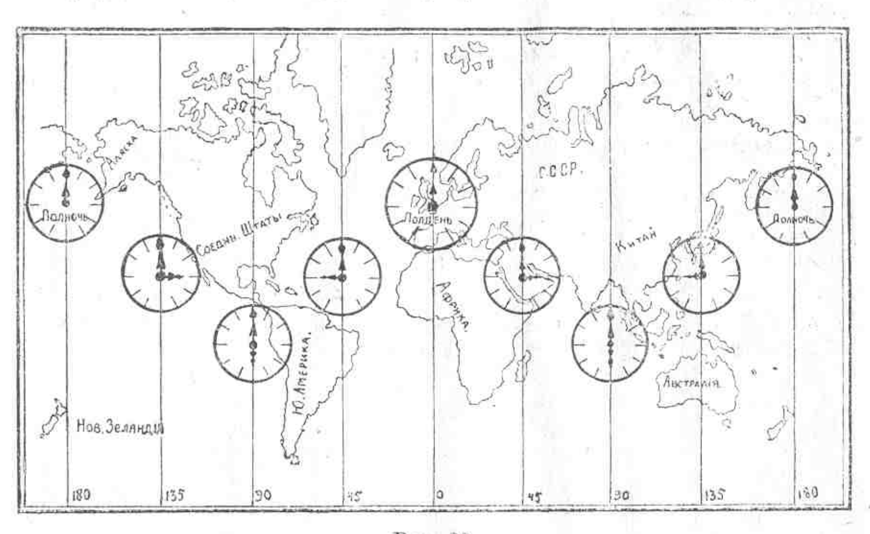


Рис. 32.

долгот можно выражать во времени — это как раз разность времен в двух пунктах земной поверхности в один и тот же физический момент.

Например, угол между меридианами Казани и Пулкова равняется 18°49′. Казань лежит к востоку от Пулкова. Поэтому казанское время впереди пулковского на 1 час. 15,3 мин. (18°49′ = = 1 час. 15,3 мин.). Долгота Казани — 1 ч. 15,3 мин. к востоку от Пулкова.

Каменец-Подольское время назади пулковского на 15 мин. Следовательно, долгота Каменец-Подольска — 15 мин. к западу от Пулкова.

Рис. 32 дает общую картину разности времен для различных пунктов на земной поверхности в зависимости от их долгот.

Способ определения долготы места таким образом по идее прост и ясен. Надо сравнить время в двух пунктах

земной поверхности в один и тот же физический момент, разность этих времен и будет равна разности долгот.

В пунктах A и B, разность долгот которых надо определить, располагаются наблюдатели. Они по звездам поверяют свои часы. Потом из пункта A дается в B телеграфный сигнал. Надо записать время, когда он был дан в A и когда получен в B. Так как электрический ток распространяется почти мгновенно, то разность этих времен и представит разность долгот.

Пример: Из Николаева в Харьков был дан сигнал в 11 час. 50 мин., в Харькове он принят в 12 час. 7 мин. 2 сек.

Следовательно, Николаев находится на 17 мин. 2 сек. к западу от Харькова.

Там, где нет телеграфа, нет и переносной приемочной радиостанции для приема сигналов, посылаемых некоторыми обсерваториями в определенные моменты по всему свету с помощью телеграфа без проводов, для определения долгот употребляются другие способы, которые дают результаты менее точные.

Поясное время. Все места, которые лежат на одном меридиане, имеют одинаковое время, так что если бы мы переезжали по меридиану с юга на север или обратно, нам не пришлось бы переставлять стрелок на своих часах. Но если ехать с запада на восток, то придется передвигать стрелки часов вперед и чем дальше на восток, тем больше, потому что восточные места в отношении счета местного времени впереди западных. При переезде с востока на запад часы приходится переставлять назад. Во многих отношениях это очень неудобно. Поэтому, в 1919 г. в СССР введен счет времени по поясам, принятый во многих цивилизованных странах по примеру Северо-Американских Соединенных Штатов.

Разделим мысленно всю землю на 24 пояса меридианами, отстоящими друг от друга по долготе на 15°.

Условимся для всех мест, находящихся между двумя соседними меридианами, считать одинаковое время, соответствующее как раз средине пояса. Тогда в пределах одного пояса условное время будет везде одно и то же.

Оно в общем случае отличается от местного времени, но всего в пределах половины часа в ту или другую сторону. При переезде из одного пояса в соседний часы придется переставить, но всегда на определенный интервал — при движении на восток — вперед, при движении на запад — назад.

Если в какой-либо момент сравнить показания часов во всех поясах, то окажется, что они различаются друг от друга только на целое число часов. Минуты и секунды должны быть везде одинаковы.

Для удобства в практическом отношении граница пояса иногда отступает от меридианов в ту или другую сторону, но везде сравнительно немного.

За нулевой пояс принимается тот, средний меридиан которого проходит через Гринвич.

В этом поясе находятся вся Англия, Франция, Испания, Алжир, Марокко. Для всех этих стран одно время — так называемое западно-европейское.

Первый пояс включает Швецию, Норвегию, Германию, Австрию и Италию. Соответствующее ему время на 1 час. впереди сравнительно с Гринвичским. Это так называемое средне-европейское время.

Во втором поясе оказались: Финляндия, Эстония, Латвия, Литва, Польша, С.С.С.Р. до Архангельска, Вологды, Кинешмы, Мурома, Ростова-на-Дону. В нем находятся: Ленинград, Москва, Киев, Одесса, Крым...

В третьем поясе вся Волга от Кинешмы, Кавказ, Каспийское море.

Западная граница четвертого пояса проходит через Пермь, Уфу, Оренбург. Этот пояс охватывает Урал, Аральское море, Хиву и Бухару.

В пятом поясе Омск, Семипалатинск и Ташкент.

В шестом — Томск, Барнаул, Алтай и т. д.

Поясное Томское время впереди Гринвичского ровно на 6 час., местное Томское время впереди Гринвичского на 5 час. 39,8 мин., потому что долгота Томска относительно Гринвича равна 5 час. 39,8 мин.

Поясное Томское время впереди поясного Московского времени ровно на 4 часа, но местное Томское время впереди местного Московского на 3 час. 09,5 мин., потому что долгота Томска от Москвы равна 3 час. 9,5 мин. (= 5 час. 39,8 мин. — 2 час. 30,3 мин.) [1].

ГЛАВА XI.

Истинная фигура земли. На 9-й стр. указан способ определения приближенных размеров земли по радиусу видимого с высокой горы горизонта. За 250 л. до нашей эры александрийский астроном Эратосфен дал способ непосредственного измерения земли. Сущность его заключается в следующем. Измерим расстояние двух мест A и B на одном меридиане (рис. 33) и определим широты этих мест: φ_1 и φ_2. Тогда мы будем знать дугу AB в градусах (это есть разность широт $\varphi_1 - \varphi_2$) и длину ее в линейных единицах, а этого достаточно, чтобы

[1]) См. таблицу долгот от Гринвича в конце книги.

вычислить радиус земли. Пусть $\varphi_1 - \varphi_2 = a^\circ$ и расстояние в верстах равно d.

Длина окружности — $2\pi r$.

Длина дуги в a° — $\frac{2\pi r.a}{360}$

Следовательно,

$$\frac{2\pi r.a}{360} = d.$$

Отсюда определится r.

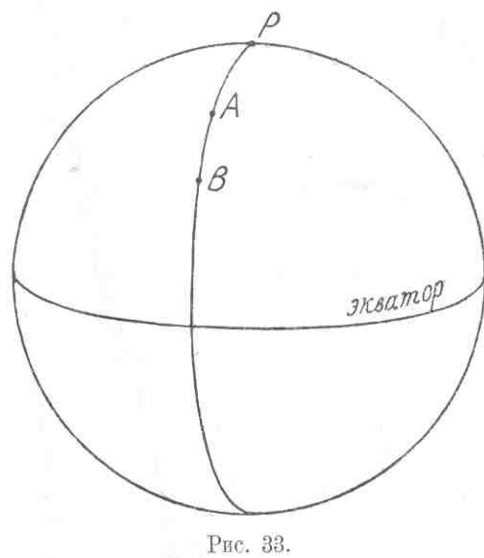


Рис. 33.

После открытия Америки и больших кругосветных путешествий вопрос о размерах земли и ее действительной форме получает особенный интерес. Предпринимается ряд специальных градусных измерений по способу Эратосфена, но в более совершенном виде.

Из совокупности измерений различных дуг, сделанных в различных частях земной поверхности, выступил ясно факт, что градус у экватора имеет длину меньшую, чем в странах, удаленных от экватора. Это указывает на то, что земля не шар, а *сплюснута* по оси вращения.

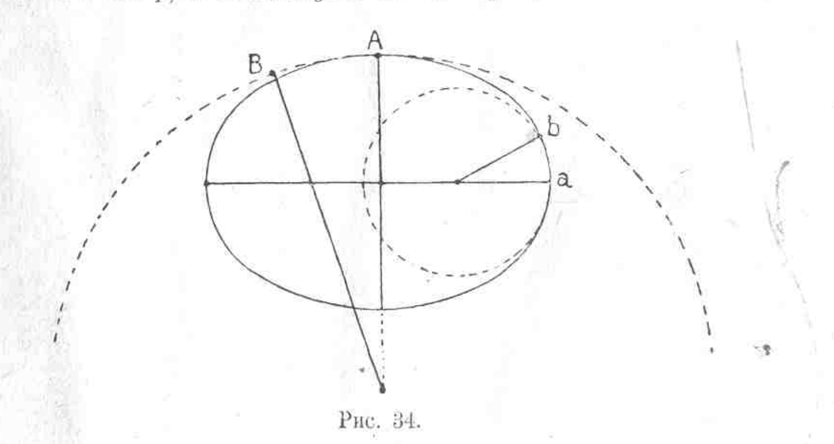


Рис. 34.

Если, например, дуга AB (рис. 34) в 20° имеет длину большую, чем дуга ab тоже в 20°, то значит первая как бы принадлежит большей окружности, а вторая меньшей, но большая

окружность менее искривлена, более плоская. Таким образом земля у полюса A как бы придавлена, несколько сплюснута.

Радиус земного экватора оказывается = = 6378 килом.

Расстояние центра земли от полюса = = 6356 килом.

Таким образом, разность наибольшего и наименьшего радиуса земли составляет всего 22 килом.

Отношение этой разности к радиусу экватора называется сжатием. Оно $= \frac{22}{6378}$, т.-е. приблизительно $\frac{1}{300}$.

Для земли сжатие, таким образом, весьма незначительно. Для некоторых других небесных тел оно гораздо больше.

ГЛАВА XII.

Доказательства вращения земли. Учение Коперника, что видимое суточное движение небесного свода обусловливается вращением земли в сторону противоположную этому видимому движению, в настоящее время находит подтверждение в весьма многих явлениях; из этих так называемых доказательств приведем здесь три.

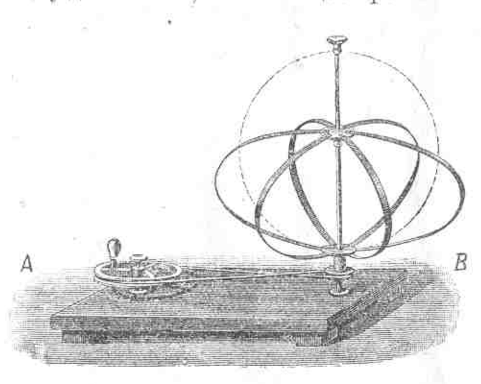


Рис. 35. Упругие стальные кольца при быстром вращении около оси вытягиваются по направлению, перпендикулярному этой оси.

1) **Форма земли.** То обстоятельство, что земля сплюснута, прямо указывает на ее вращение. Сжатие земли есть результат действия центробежной силы в то время, когда земля находилась в жидком состоянии. Вспомним известный опыт физики. Упругие стальные кольца при быстром вращении около оси (рис. 35) вытягиваются по направлению, перпендикулярному этой оси. Центробежная сила тем больше, чем дальше частица от оси вращения. Поэтому и происходит растяжение по экватору, сплюснутость у полюсов.

2) **Уменьшение силы тяжести у экватора.** Если земля вращается, то действие центробежной силы должно проявляться и теперь, хотя земля давно уже покрылась твердой корой. Именно вследствие центробежной силы уменьшается сила тяжести, и у экватора это уменьшение будет заметнее, чем в странах, близких к полюсам, так как на экваторе центробежная сила наибольшая.

Обыкновенные весы не могут обнаружить уменьшения силы тяжести потому, что уменьшается вес груза на одной чашке и вес гири на другой. Но если мы будем взвешивать одно и то же тело на пружинных весах, то уменьшение его веса у экватора заметить будет можно.

Еще точнее покажет это маятник. Как известно из физики, время колебания маятника

$$t = \pi \sqrt{\frac{l}{g}},$$

где l — длина маятника, а g — ускорение силы тяжести.

Если напряжение силы тяжести будет больше, т.-е. g больше, то t окажется меньше. Наоборот, с уменьшением g время колебания маятника становится больше.

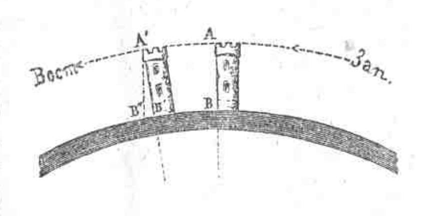


Рис. 36.

Опыты качания одного и того же маятника (длина которого не изменяется) действительно показывают, что в странах экваториальных маятник колеблется медленнее, чем в странах, удаленных от экватора, как и должно быть при вращении земли, при котором развивается центробежная сила.

3) **Отклонение падающих тел к востоку.** При вращении земли вершина башни A (рис. 36) опишет дугу, более длинную, чем основание ее B.

Бросим из точки A шар осторожно, без толчка. Он будет падать вниз под действием тяжести, но в то же время сохранит относительное движение, которое имеет точка A во вращательном движении земли.

Если башня за то время, пока шар падает, перейдет в положение $A'B'$, то шар в относительном движении должен передвинуться тоже на дугу AA', как и точка A, и, следовательно, он упадет к востоку от основания башни B', в точку B', если $BB'=AA'$.

Различные посторонние причины, как боковой толчок, ветер и др., могут нарушить правильное падение шара. Но в общем

при опытах, которые были сделаны, всегда замечается отклонение падающего тела к востоку, указывающее на то, что земля вращается с запада к востоку.

ГЛАВА XIII.

Параллакс. С двух различных мест близкий предмет кажется нам в двух совершенно различных направлениях. Поло-

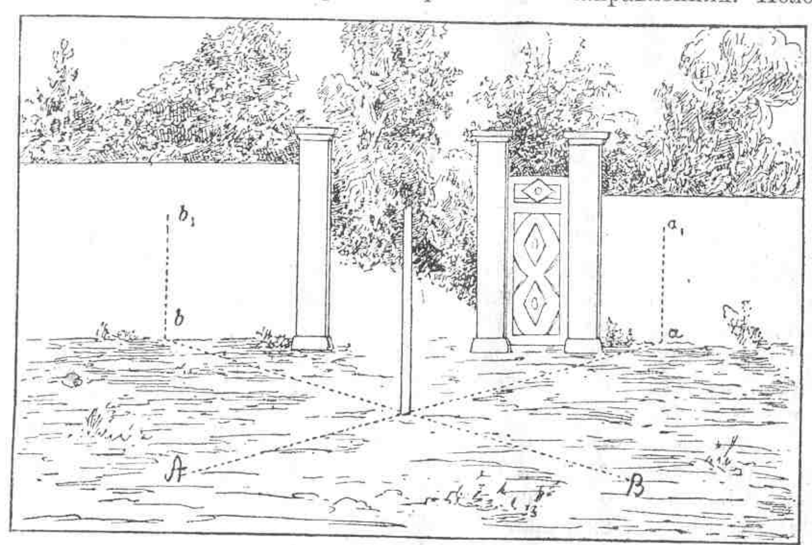


Рис. 37.

жим, мы смотрим на палку перед стеной, остановившись в A (рис. 37), — мы увидим ее правее ворот (по направлению к aa_1),

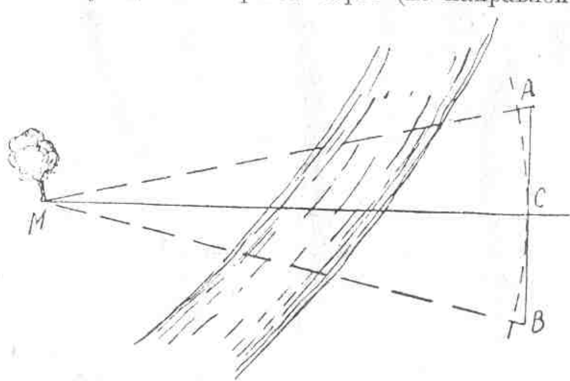


Рис. 38.

если же будем стоять в B, то палка покажется нам левее ворот (по направлению к bb_1).

Угол видимого смещения близкого предмета, когда изменяется место наблюдения, называется параллаксом. Чем ближе предмет, тем параллактическое смещение будет больше. Таким образом, параллакс характеризует расстояние предмета, и, зная параллакс, можно вычислить это расстояние.

Пусть, например, нам нужно узнать расстояние дерева M (рис. 38) от точки C. Измерим некоторое протяжение AB, перпендикулярное MC, и в точках A и B углы MAB и MBA.

Положим $AB = 20$ метров., $\angle A = 85°$ и $\angle B = 85°$.

Тогда, следовательно, параллактическое смещение дерева M, т.-е. $\angle M = 180° - 85° - 85° = 10°$.

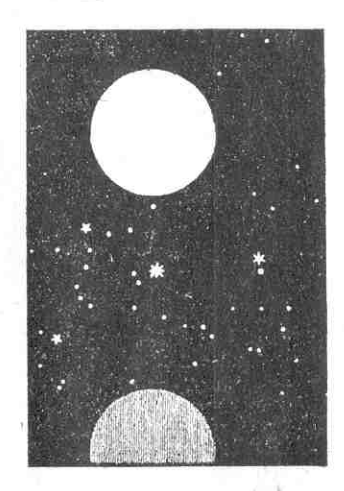


Рис. 39.

Прямую AB можно приближенно принять за дугу круга, описанного из центра M радиусом MC.

Длина окружности $= 2\pi r$.

Длина дуги в $10° = \frac{2\pi r.\ 10}{360}$,

следовательно, в нашем случае

$$\frac{2\pi.\ MC.\ 10}{360} = 20 \text{ метров.}$$

Если принять $\pi = 3$, то

$$\frac{6.\ MC.\ 10}{360} = 20 \text{ метров.}$$

Откуда

$$MC = 120 \text{ метров.}$$

Если при том же расстоянии $AB = 20$ метров, углы A и B окажутся равными 88° каждый, так что угол M будет $= 4°$, то будем иметь

$$\frac{6.\ MC.\ 4}{360} = 20 \text{ метров.}$$

и $MC = 300$ метров.

Чем меньше параллактическое смещение, тем дальше предмет.

Расстояние луны от земли. С различных точек земной поверхности луна в один и тот же момент усматривается по различным направлениям. На рис. 39 представлено, как является луна в Берлине (нижний диск) по сравнению с Капштадтом (верхний диск).

Угол между направлениями, по которым видят луну M (рис. 40) два наблюдателя, находящиеся в двух диаметрально противопо-

ложных точках земли A и B, как оказывается, весьма близок к 2°.

Диаметр земли $AB = 12750$ километров.

Его можно приближенно принять за дугу окружности, описанной из центра M радиусом MC. Этой дуге соответствует угол в 2°. Следовательно, мы имеем равенство:

$$\frac{2\pi .\ CM .\ 2}{360} = 12750 \text{ километров.}$$

Если принять $\pi = 3$, то найдем

$CM = 383000$ километров (приблизительно).

Луна находится от земли приблизительно на расстоянии **380000 километров,** т.-е. на 60 земных радиусов (рис. 41).

Рис. 41 Расстояние луны от земли = 60 зем. рад.

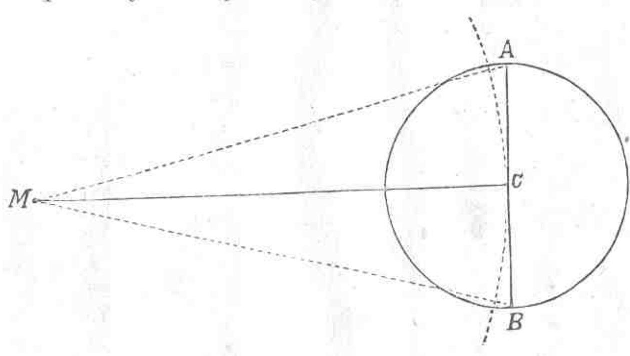


Рис. 40.

Расстояние солнца от земли. Угол смещения солнца, если смотреть на него с двух диаметрально противоположных точек земного шара A и B (рис. 40) гораздо меньше, чем для луны. Он составляет всего $18''$.

Примем диаметр AB за дугу окружности, описанной около центра M радиусом MC.

Длина дуги в $18''$ при радиусе r равна

$$\frac{2\pi r .\ 18}{360 .\ 60 .\ 60}.$$

Следовательно, в нашем случае мы будем иметь равенство

$$\frac{2\pi .\ MC .\ 18}{360 .\ 60 .\ 60} = 12750 \text{ километров,}$$

Принимая $\pi = \frac{22}{7}$, найдем (приблизительно)

$MC = 150000000$ километров,

т.-е. расстояние солнца от земли приблизительно равно **150 милл. километров.**

ГЛАВА XIV.

Размеры луны и солнца. Зная расстояние светила, мы можем определить его линейный диаметр по углу, под которым он виден.

Наблюдатель из точки A на земной поверхности (рис. 42) видит светило под углом α.

Опишем из A, как центра, радиусом Aa окружность. Дугу

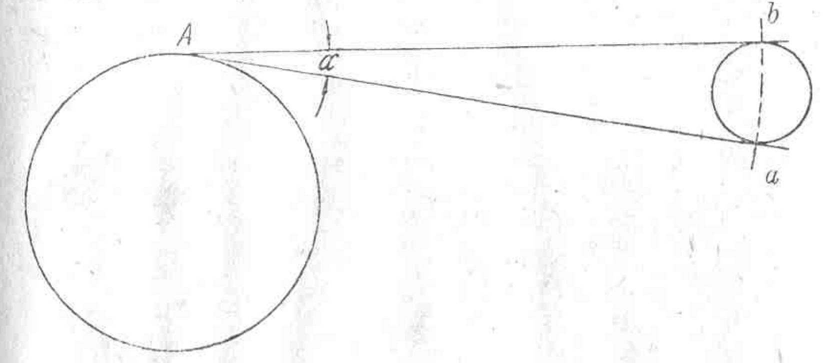


Рис. 42.

этой окружности, соответствующую углу α, можно принять равной диаметру светила. Тогда будем иметь соотношение

$$ab = \frac{2\pi .\ Aa .\ \alpha}{360}.$$

если угол α выражен в градусах, и

$$ab = \frac{2\pi .\ Aa .\ \alpha}{360 .\ 60},$$

если угол α выражен в минутах.

Для луны $\alpha = 31'$ и $Aa = 380000$ километров.

Следовательно,

$$ab = \frac{2\pi .\ 380000 .\ 31}{360 .\ 60} \text{ километров.}$$

Полагая $\pi = \frac{22}{7}$, найдем, что диаметр луны равняется при-

близительно **3340** километров, т.-е. **0,27** земного. Объем луны, таким образом, будет составлять около $\frac{1}{50}$ объема земли.

Для с о л н ц а $\alpha = 32'$ и $Aa = 150000000$ километров.

Следовательно, $ab = \frac{2\pi .\ 150000000 .\ 32}{360 .\ 60 .}$ километров.

Диаметр солнца равен приблизительно 1389000 километров, т.-е. почти в **109 раз** больше диаметра земли.

Объем солнца приблизительно в **1300000** раз больше объема земли.

Г Л А В А XV.

Движение земли около солнца. Как суточное движение небесного свода обусловливается вращением земли, так и видимое годовое движение солнца есть явление кажущееся. Оно представляет собой отражение движения самой земли около солнца. Это тоже объяснил Коперник.

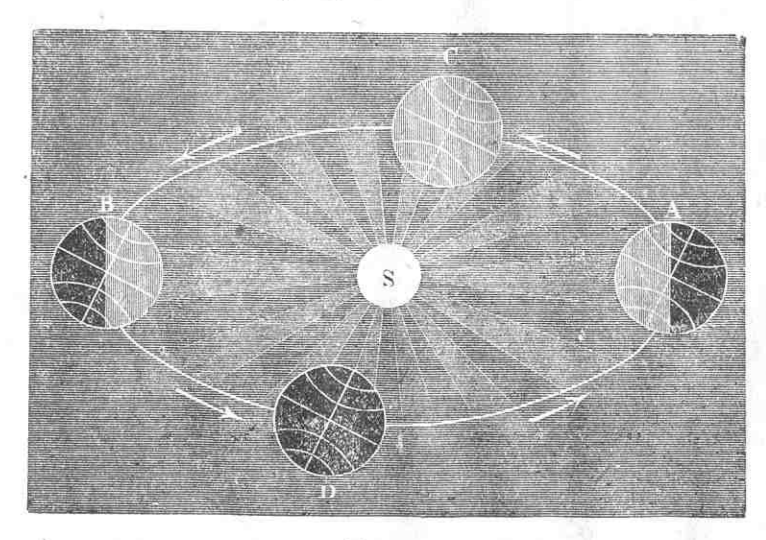


Рис. 43.

Мы видим сегодня солнце по другому направлению, чем месяц назад, потому что сама земля переместилась за это время. За год земля обходит кругом около солнца, и нам кажется, что солнце на небе перемещается по кругу — эклиптике. При движении земли около солнца ее центр всегда остается в плоскости

эклиптики. Экватор в с е г д а наклонен к эклиптике под углом $23^1/_2{}^\circ$, а, следовательно, ось под углом $66^1/_2{}^\circ$ (см. рис. 43).

Времена года. Когда земля в положении *C* (рис. 43), солнечные лучи падают равномерно на оба полушария. Солнце кажется на экваторе, день во всех точках земной поверхности равен ночи. Это начало весны в северном полушарии — 21 марта.

При положении *B* (22-го июня) лучи солнца больше падают на северное полушарие, в южном они идут сравнительно косо и не достигают южного полюса. У нас тепло, солнце поднимается высоко, дни длинные, ночи короткие, в южном полушарии—наоборот.

В северном полушарии лето, в южном — зима.

Из чертежа видно, что при вращении земли около оси точки, близкие к северному полюсу, будут в это время постоянно освещены, а точки, близкие к южному полюсу, постоянно в тени. Таким образом, у северного полюса сплошной день, у южного — сплошная ночь.

В положении земли *D* (24 сент.) явления такие же, как в *C*. Солнце опять на экваторе, день опять равен ночи для всей поверхности земли. Но при этом солнце видимо переходит из северного полушария в южное — это наша осень.

Положение *A* соответствует 23 декабря. Солнечные лучи падают большею частью на южное полушарие, в северное они идут косо и не достигают северного полюса. В северном полушарии солнце вообще поднимается низко, дни короткие, ночи длинные. У самого полюса сплошная ночь без рассвета.

Земные пояса. В отношении климата поверхность земли разделяется на пять поясов.

Около каждого полюса находятся так называемые х о л о д н ы е п о я с а. Их ограничивают п о л я р н ы е к р у г и, т.-е. параллельные круги, которые находятся на $66^1/_2{}^\circ$ от экватора — один в северном, другой в южном полушарии. Это области, где ночь может продолжаться больше суток, куда солнечные лучи даже летом идут косо и вследствие того весьма мало нагревают поверхность. Здесь снежный покров сходит только отчасти, вокруг полюсов на широкое пространство лежит вечный снег.

На самых полюсах ночь и день продолжаются по полугоду, под широтой 80° сплошная ночь 118 суток, под широтою 70° — 48 суток, на полярных кругах — сутки.

Полоса на $23^1/_2{}^\circ$ по ту и другую сторону от экватора называется ж а р к и м поясом. Здесь солнце всегда высоко и для каждого пункта два раза в году бывает в зените. Параллельные круги, ограничивающие пояс, называются т р о п и к а м и: северный — тропиком Рака, южный — тропиком Козерога. Названия эти произошли от тех созвездий, в которых раньше находилось солнце в дни солнцестояний, когда для этих параллельных кругов солнце достигает зенита.

Части земной поверхности между жарким и каждым холодным поясами носят название умеренных поясов. В них солнце никогда не бывает в зените, но никогда и не скрывается совсем в продолжение суток. Зимой оно поднимается невысоко, день короткий, температура так низка, что почти везде земля покрывается снегом. Летом день больше 12 часов, и чем дальше от экватора, тем длиннее. Во время нашего летнего солнцестояния на северном полярном круге сплошной день, на южном полярном круге — сплошная ночь. Во время зимнего солнцестояния наоборот.

ГЛАВА XVI.

Орбита земли. Движение земли около солнца неравномерно. Зимой для нас солнце видимо перемещается за сутки больше, чем летом. При этом и его видимый диаметр кажется нам зимой больше, а летом меньше. Происходит это оттого, что орбита земли, т.-е. путь ее около солнца, несколько сжата и солнце стоит не в центре (рис. 44). Правда уклонение орбиты земли от окружности небольшое, но в наблюдениях солнца это чувствуется. В конце декабря солнце проходит через перигелий, т.-е. точку наиболее близкую к солнцу [1]), видимые угловые перемещения солнца в это время будут больше, и диаметр солнца будет казаться больше.

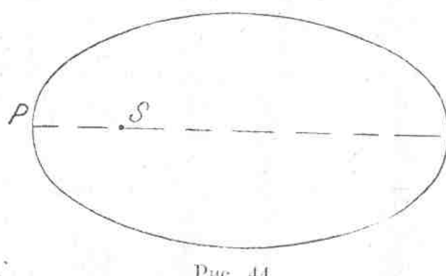


Рис. 44.

В конце июня земля в наибольшем удалении от солнца — в афелии [2]) — видимые перемещения солнца и угловой его диаметр будут меньше, так как чем дальше предмет, тем меньшим кажется он.

В декабре земля всего ближе к солнцу, но несмотря на это у нас в северном полушарии зима. Это потому, что тогда в северное полушарие идут солнечные лучи косо, а косые лучи плохо нагревают поверхность, на которую падают.

Годичный параллакс звезд. Что земля не стоит спокойно в пространстве, а обходит за год вокруг солнца по окружности, в этом мы убеждаемся по тем смещениям, которые обнаруживают в течение года некоторые звезды. Из точки *A* земной

---

¹) περί — около, близ } ἥλιος — солнце
²) ἀπό — далеко от

орбиты (рис. 45) мы видим звезду по направлению *Aa*, из точки *B* по направлению *Bb*. Сравнительно близкая к нам звезда обнаруживает годовое параллактическое смещение, она видимо перемещается за год по кругу, и это видимое движение звезды есть не что иное как отражение движения самой земли около солнца. Чем дальше звезда, тем меньше круг, описываемый ею (рис. 45). Самая близкая звезда имеет наибольшее смещение, но оно не превосходит 1″,5 в год. Для большинства звезд совсем незаметно никакого параллактического смещения. Отсюда следует, что звезды находятся от нас на таких громадных расстояниях, сравнительно с которыми даже поперечник земной орбиты, имеющий 300 миллионов километров, оказывается ничтожно малым.

Таким образом, теория Коперника, вводя новую идею о строении вселенной, в то же время раздвигала пределы ее до бесконечности.

ГЛАВА XVII.

Собственное движение луны. Повинуясь суточному движению небесного свода, луна так же, как и каждая звезда, восходит в восточной части небосклона, поднимается на наибольшую высоту над горизонтом в меридиане, потом склоняется к западу. Но последите внимательно — она отстает в этом суточном движении от звезды! Если в начале вечера луна была около какой-либо звезды, то ночью, часов через 5 — 6, мы вполне ясно увидим ее далеко налево от этой звезды.



Рис. 45. Видимые смещения звезд вследствие движения земли.

Луна сама движется между звездами, обходя вокруг земли в $27^1/_3$ суток. За сутки она переместится на 13°, т.-е. на 26 диаметров своего диска.

Покрытия звезд. Перемещаясь между звездами с запада на восток, луна видимо приближается то к одной звезде, то к другой, иногда можно заметить, как на некоторое время звезда скрывается за корпусом луны, потом опять появляется уже на другой (западной) стороне диска. Ясно, что луна движется и что она ближе к нам, чем звезды. На рис. 46 мы видим луну в богатой звездами области неба. Слева видны звезды

у самого края лунного диска, но справа пустота. Здесь темная неосвещенная часть диска, покрывающая звезды.

Фазы луны. Всякий замечал, что в одно время луна является в виде серпа, в другое в виде полного диска, диска освещенного наполовину, больше, чем наполовину, или меньше. Эти так называемые ф а з ы   л у н ы обусловливаются различным поло-

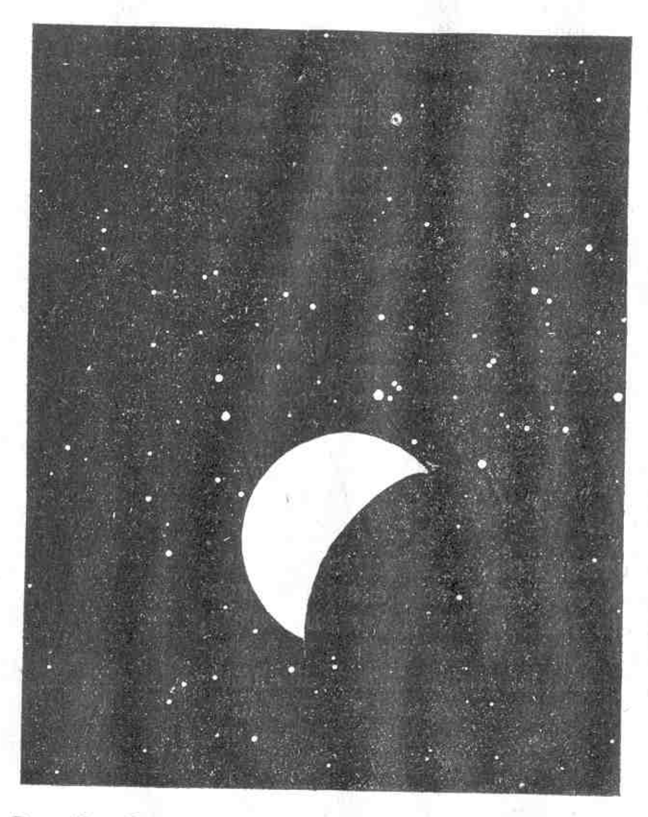


Рис. 46. Луна в богатой звездами области неба. Слева видны звезды у самого края лунного диска, но справа пустота. Здесь темная неосвещенная часть лунного диска.

жением относительно наблюдателя освещенной солнечными лучами части лунной поверхности.

В положении 1 (рис. 47) к земле обращена темная неосвещенная часть — мы не видим луны совсем. Это так называемое н о в о л у н и е. На следующий день появляется узкий светлый серпик н о в о й   л у н ы. Новая луна видна всегда на з а п а д е, тотчас после заката солнца.

В положении 3 к земле обращена половина освещенной и половина неосвещенной поверхности луны, при чем для наблюдателя, который смотрит на луну с земли, освещенная часть — правая. Это так называемая I ч е т в е р т ь (луна окончила четверть своего пути около земли).

В положении 5 к земле обращена только освещенная поло-

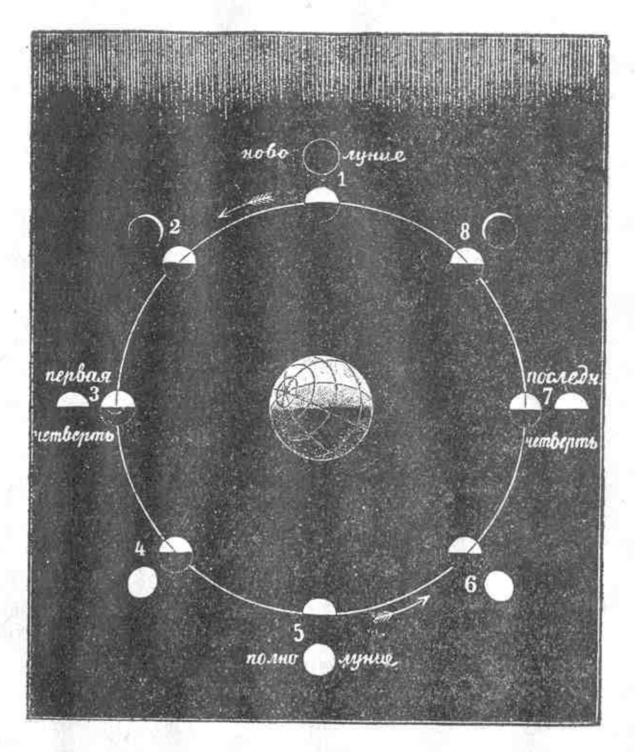


Рис. 47. Фазы луны: 1—новолуние, 3—I четверть, 5—полнолуние, 7—III четверть.

вина лунной поверхности. Мы видим луну в виде полного диска — полнолуние.

В положении 7 опять к земле обращены — половина освещенной и половина неосвещенной поверхности луны. Это так называемля III ч е т в е р т ь (луна окончила третью четверть своего пути около земли). В этом случае для наблюдателя с земли освещенная часть будет н а л е в о.

Когда закончится оборот луны около земли, начинается новый цикл фаз.

Явление фаз луны можно пояснить на опыте, как показано на рис. 48. Возьмем мяч или глобус и горящую лампу без абажура. Будем ставить наш шар в различные положения около лампы. Мы увидим явления распределения света и тени весьма похожие на то, что наблюдаем на луне.

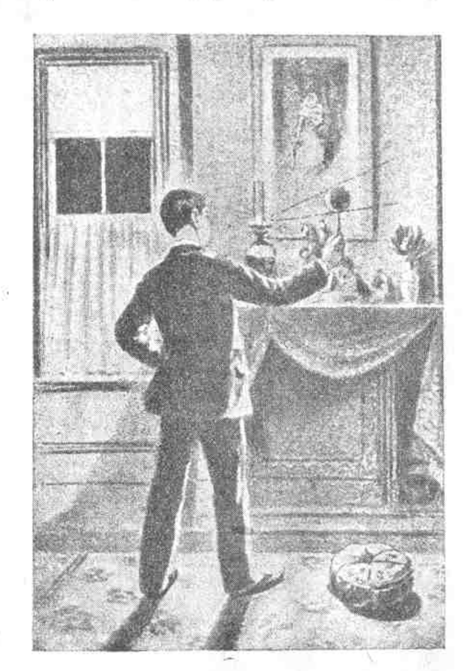


Рис. 48. Опыт, объясняющий фазы луны.

Пепельный свет. Посмотрите внимательно на луну, когда увидите ее узкий серпик, дня 2—3 после новолуния. Вы, вероятно, различите и всю остальную часть лунного диска, слабо освещенную, нежно-серого оттенка, так называемый пепельный свет луны (рис. 49).

Пепельный свет виден как при новой луне, так и перед новолунием, особенно эффектное явление представляет он весной—в марте и апреле.

Первый, кто понял, что представляет собой пепельный свет, был великий ученый и художник Леонардо да-Винчи. Земля, будучи освещена солнцем, отражает лучи в пространство. Они доходят до луны и вновь отражаются, освещая ту поверхность, на которую падают. Но освещение этими, отраженными от земли лучами, слабее, чем освещение лучами, идущими непосредственно от солнца. Потому рядом с ярким серпом мы видим остальную часть диска лишь в виде слабого пепельного сияния.

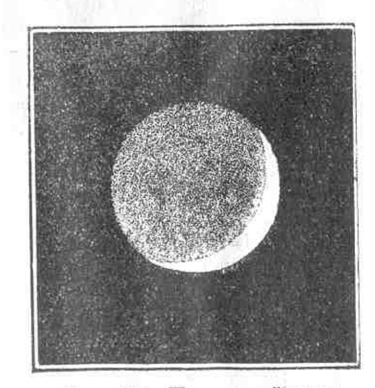


Рис. 49. Пепельный свет.

Сидерический и синодический месяцы. Время обращения луны около земли называется месяцем. Различают сидерический и синодический месяцы. Сидерический месяц—это промежуток времени, в течение которого луна, обходя вокруг земли, возвращается к тем же звездам, от которых начали следить за ее движением. Он равняется $27^1/_3$ дн. Синодический месяц—промежуток между одноименными фазами—$29^1/_2$ дн. Синодический месяц длиннее сидерического вследствие смещения самой земли.

Орбита луны. Нетрудно заметить, что луна перемещается по тем же

эклиптическим созвездиям, как и солнце. Путь луны наклонен к эклиптике под малым углом 5°.

Очень резкий контраст представляют светлые лунные ночи зимой и темные ночи летом, когда полная луна прячется за чер-

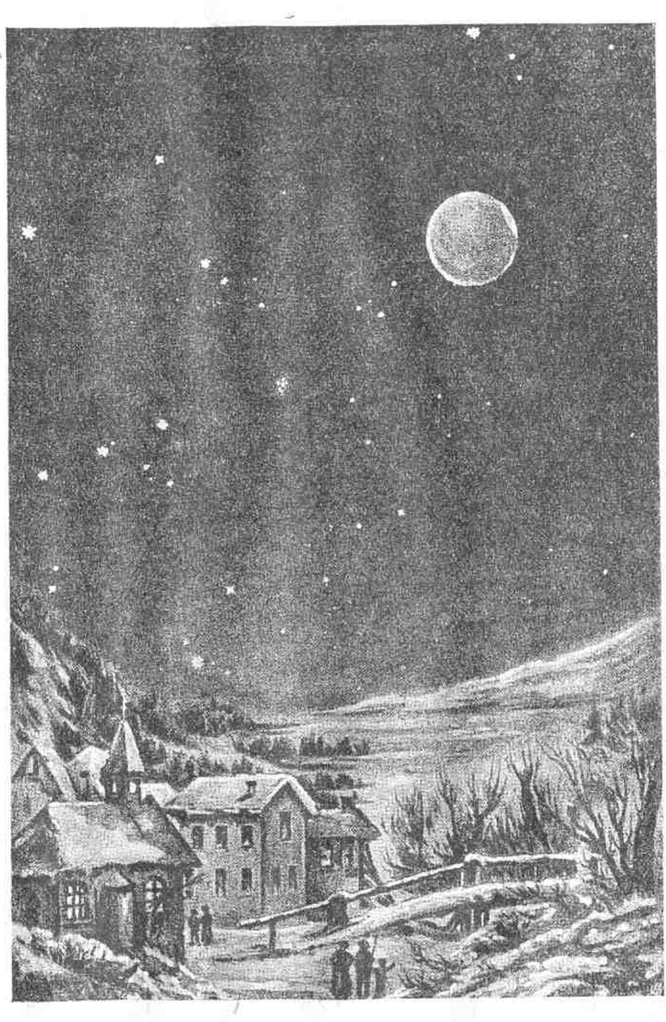


Рис. 50. Лунное затмение. Луна взошла в тень земли уже почти вся.

ным лесом или пригорком. Зимой солнце в южном полушарии, а, следовательно, луна во время полнолуния, будучи противоположна солнцу, будет близ той части эклиптики, которая вообще высоко поднимается над горизонтом, летом наоборот — солнце

высоко днем, а ночью видна южная часть эклиптики, которая не поднимается высоко над горизонтом.

Орбита луны так же, как и путь земли около солнца, представляет собой сжатый круг. Точка, наиболее близкая к земле, называется перигеем, а наиболее удаленная — апогеем[1]).

ГЛАВА XVIII.

Лунное затмение. Чрезвычайно интересное явление представляет собой лунное затмение (рис. 50). Полная луна начинает темнеть с восточного края. Все больше и больше погружается она в тень. Потом тень сходит и лунный диск вновь сияет полный и яркий.

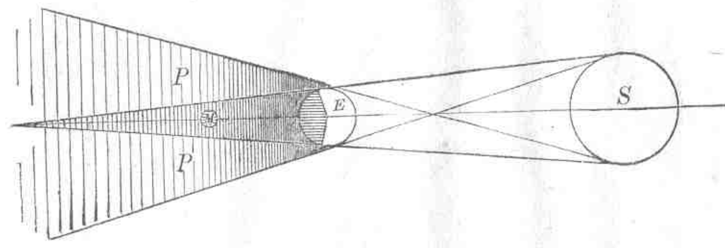


Рис. 51

Если затемнялась только часть диска луны, то затмение называется неполным, частным. Когда луна погружается в тень вся, то полным.

Потемнение обусловливается тем обстоятельством, что луна, обходя вокруг земли, входит в конус тени, который отбрасывает земля от солнца (рис. 51). Вследствие наклонности лунной орбиты

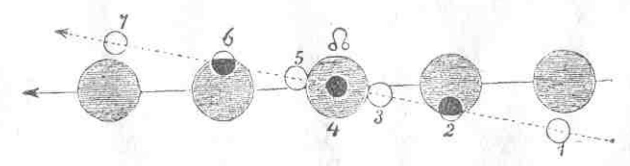


Рис. 52. Непрерывная прямая — эклиптика. Пунктирная — орбита луны. ☊ — узел лунной орбиты. Если во время полнолуния луна находится в положении 1 или 7, то нет затмения. В положении 2 и 6 — частное затмение. В положении 4 — полное центральное. Положение 3 — начало затмения. Положение 5 — конец.

---

[1]) περί — около, близ; ἀπό — далеко от } γῆ — земля. Ср. с примеч. на стр. 46.

к эклиптике, луна в полнолунии вообще проходит выше или ниже конуса земной тени, ось которого лежит, конечно, в плоскости эклиптики. Но если полнолуние случается в то время, когда луна находится близ точки пересечения ее орбиты с эклиптикой, или, как говорят, близ узла, тогда она может войти в конус земной тени.

Если луна в самом узле, тогда она пройдет через центр сечения тени, и в этом случае не только полностью погрузится в тень, но и останется темной в течение приблизительно 3 часов (рис. 52).

Впрочем, луна редко скрывается при затмениях совершенно, часто она является окрашенной темнокрасным цветом.

Солнечное затмение. Совершенно другого характера затмение солнечное. В то время, как при лунном затмении луна на самом деле темнеет, во время солнечного затмения солнце только закрывается от нас ширмой. Ширма эта — луна, которая проходит между солнцем и землей (рис. 53). Таким образом, солнечное затмение возможно только в новолуние, если при этом луна близ узла.

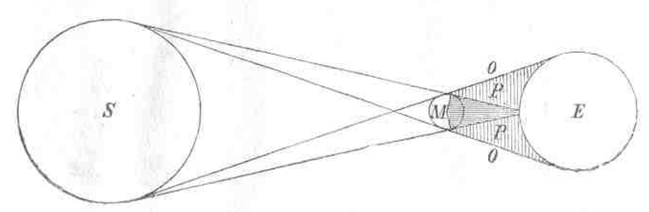


Рис. 53.

Луна сравнительно с солнцем малое тело. Она может закрыть солнце только потому, что близка к нам. Но при этом параллактическое смещение луны очень велико, так что наблюдатели, находящиеся в различных пунктах земной поверхности, будут видеть в один и тот же физический момент явление различно. Для одного наблюдателя (рис. 53) солнце закрывается луною вполне, для другого будет закрыта только часть солнечного диска — затмение будет неполное, частное, а наблюдатель в третьей точке не будет видеть никакого затмения.

Луна может закрывать солнечный диск вполне лишь весьма недолго, не более 6 минут. Если затмение случается при наибольшем от нас расстоянии луны, когда диск ее кажется нам меньше диска солнца, то даже при центральном видимом совпадении дисков полного затмения не будет, а произойдет так называемое кольцеобразное солнечное затмение (рис. 54).

Полное затмение может быть видимо сразу только в очень небольшой области на земле (рис. 53 и 55). Тень, отбрасываемая луной, постепенно перемещается по земле. На рис. 56 показана полоса полного солнечного затмения, которое наблюдалось 21 августа 1914 г. Ширина полосы около

145 километров. По средней линии полная фаза продолжалась наиболее долго ($2^1/_2$ мин.). По краям луна закрывала солнце вполне только на один момент. Вне полосы было видно уже частное затмение, и чем дальше от центральной линии, тем меньшая часть солнечного диска покрывалась луной.

Полное солнечное затмение представляет одно из самых поразительных явлений природы, которое оставляет глубокое впечатление на наблюдателя. Пока остается хоть небольшая часть солнечного диска незакрытой, ничего особенного во внешней обстановке не замечается. Становится, конечно, несколько темнее, — как будто бы пасмурный день, но чувствуется присутствие нашего животворящего солнца. Но вот пропадает последний луч солнечного света, и тогда сразу все изменяется как кругом на земле, так и на небе. Наступает непривычная тьма, хотя неполная ночь, но все-таки видны звезды; чтобы прочитать что-нибудь, нужна лампа. Зелень перекрашивается в серый цвет, человеческая кожа получает неприятный трупный оттенок. По земле с ужасной быстротой бегут тени. Животныя и птицы приходят в волнение, а на свинцово-сером фоне неба вокруг черного диска луны сияет серебристый венец, — так называемая солнечная корона, внутри которой в трубу можно видеть поднимающиеся от диска луны красные солнечные выступы. Но как только появится вновь первый луч солнца, все чудесное исчезает, темный обыватель, ждавший светопреставления, вздыхает свободно и уже спокойно следит, как диск луны сходит с солнца (рис. 57).

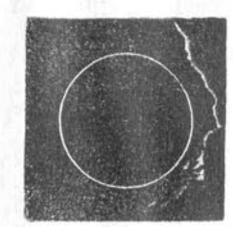


Рис. 54.

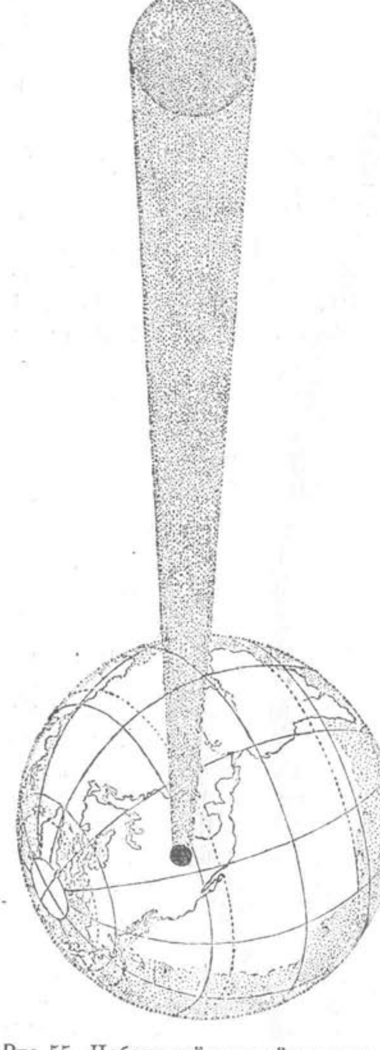


Рис. 55. Небольшой черный кружок— тень луны на земле. В пределах его и видно полное затмение.

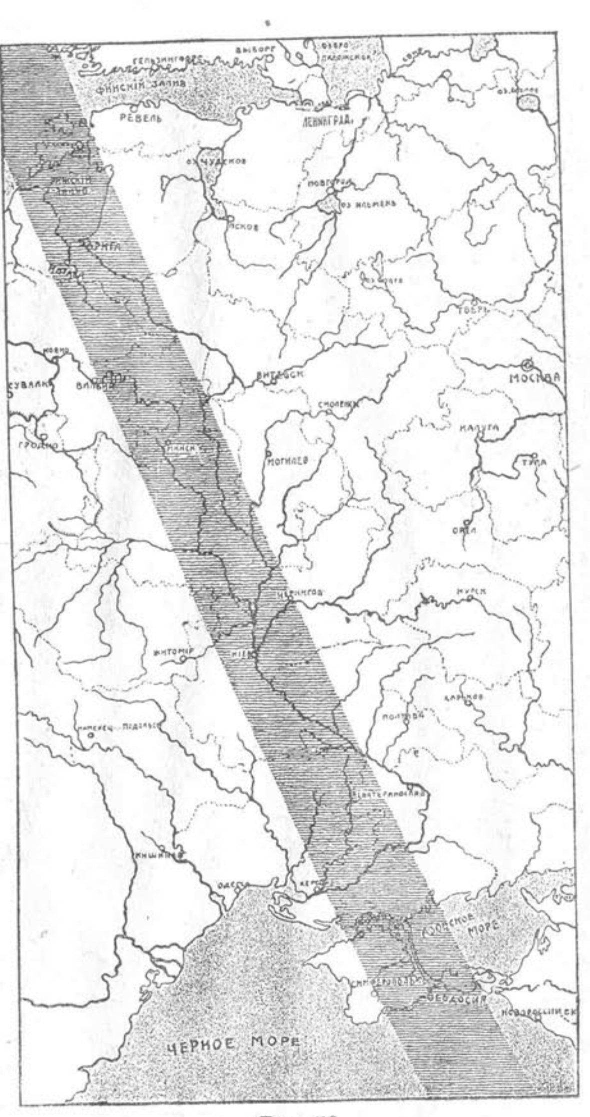


Рис. 56.

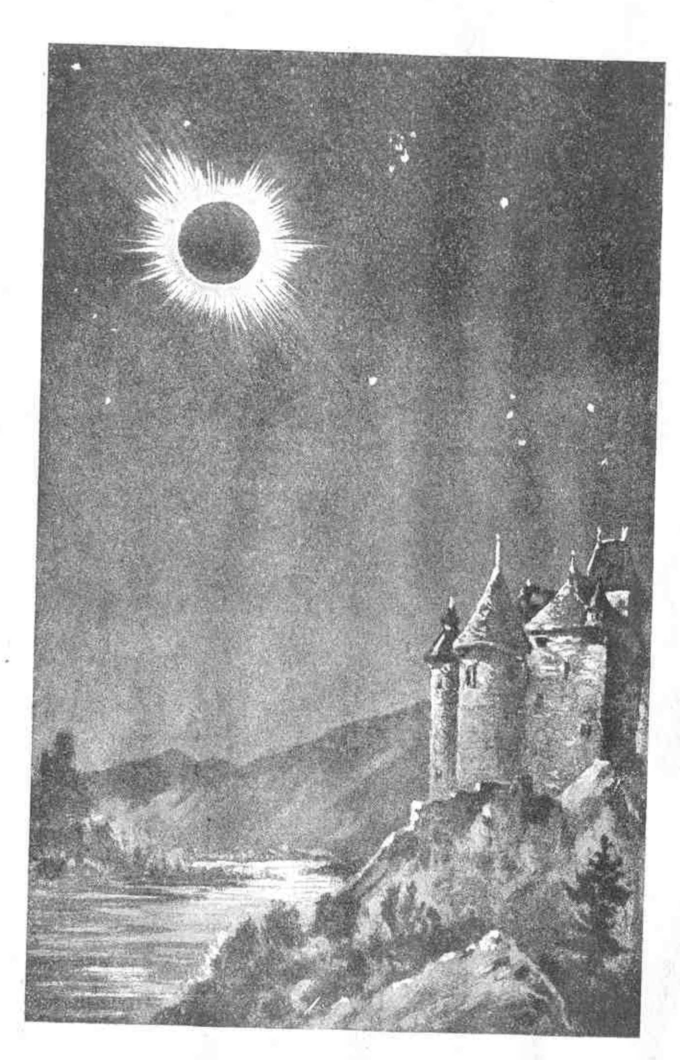


Рис. 57. Полное солнечное затмение.

ГЛАВА XIX.

Планеты. Звезды блуждающие, т.-е. перемещающиеся на небе от созвездия к созвездию, так называемые планеты, были известны в глубокой древности. Халдеи и египтяне различали их по характеру их блеска и называли именами своих богов. То же имело место и в древней Греции. В настоящее время более употребительны латинские названия: Меркурий, Венера, Марс, Юпитер, Сатурн.

Древние причисляли к планетам также Солнце и Луну. Для сокращения употребляются обозначения: Солнце—☉, Луна—☾, Меркурий—☿, Венера—♀, Земля—♁, Марс—♂, Юпитер—♃, Сатурн—♄.

Движения Меркурия и Венеры. Меркурий и Венера никогда не отходят от солнца далеко, они движутся для наших взоров в ту или другую сторону от солнца, как маятник.

В народе Венера называется вечерней и утренней звездой.

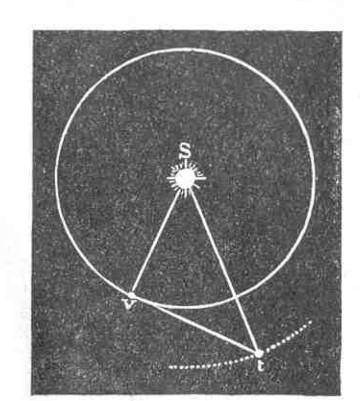


Рис. 58. S — Солнце; V — Венера, движущаяся вокруг солнца по кругу; t — Земля.

Когда она налево от солнца, то она видна вечером на западе вскоре, после заката солнца. Она видимо удаляется от него все дальше и дальше, потом останавливается и начинает приближаться к нему, теряется в его лучах, а через несколько дней появляется справа от солнца, но уже на востоке,

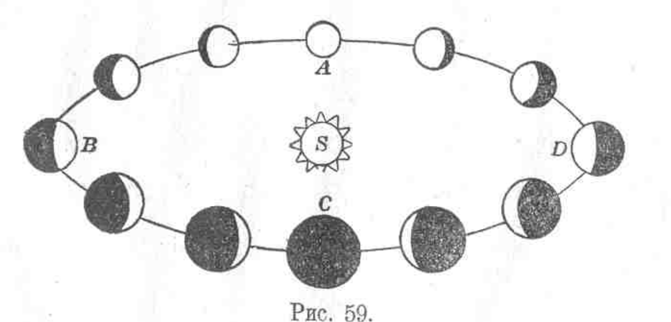


Рис. 59.

предупреждая его восход, как звезда утренняя Удалившись на некоторое расстояние вправо, она поворачивает опять к солнцу, вновь скрывается в его лучах, и через несколько дней вновь появляется налево от солнца.

Чувствуется ясно, что планета ходит вокруг солнца по кругу, на который мы смотрим с земли извне (рис. 58).

Наблюдения в трубу дают подтверждение этому заключению. Мы видим у Венеры фазы, как на Луне.

Когда планета далеко за солнцем — это маленький круглый диск. По мере удаления планеты налево, диск постепенно увеличивается в диаметре и получается ущерб слева (рис. 59).

Ущерб все более и более увеличивается. Венера является освещенной наполовину, потом она имеет вид серпа, который делается все у́же и у́же, увеличиваясь в то же время в диаметре. Скрывшись на время в лучах солнца, Венера появляется вновь в виде серпа, но уже изогнутого в другую сторону (т.-е. опять рогами от солнца), повторяет все прежние фазы в обратном порядке.

Так же движется и Меркурий.

Движение Марса, Юпитера и Сатурна. Перемещения Марса, Юпитера и Сатурна несколько другого характера. Эти планеты могут удаляться от солнца на всевозможные угловые расстояния, мы можем наблюдать их также в противостоя-

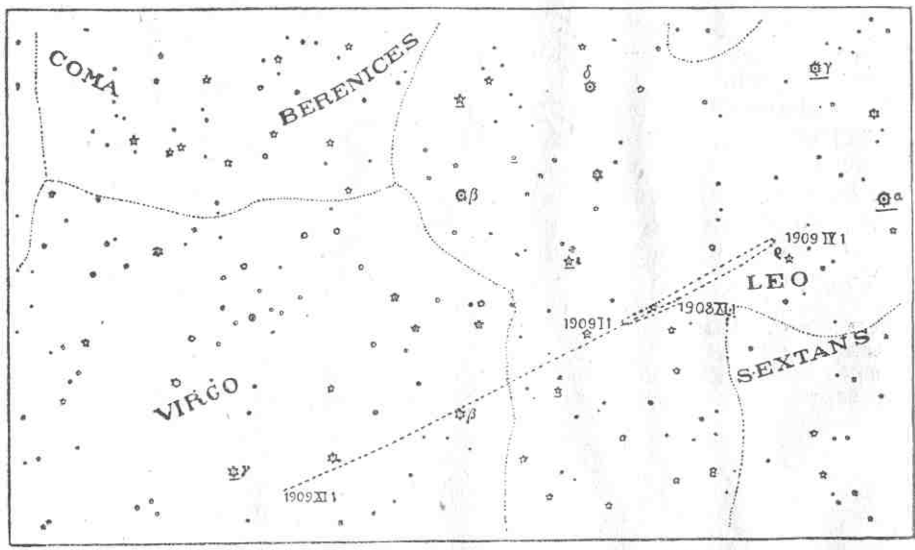


Рис. 60. Видимый путь Юпитера на небе в 1909 г.

нии, когда планета противоположна солнцу и проходит в верхней кульминации в полночь.

Весьма интересны петли и узлы, которые вычерчивают планеты на небе. Планета идет сначала справа налево так называемым прямым движением, потом останавливается, поворачивает назад, идет попятным движением, вновь останавливается и вновь начинает свое прямое движение, чтобы на следующий год вычертить подобную петлю в другом созвездии (рис. 11 и 60).

Система Птоломея и система Коперника. — Попятные движения планеты были большой загадкой для древних.

Во II веке нашей эры александрийский астроном Птоломей придумал для объяснения их сложную теорию (так называемую

теорию эпициклов), но она представляла чисто геометрическое построение и не имела никакого реального основания. Центром

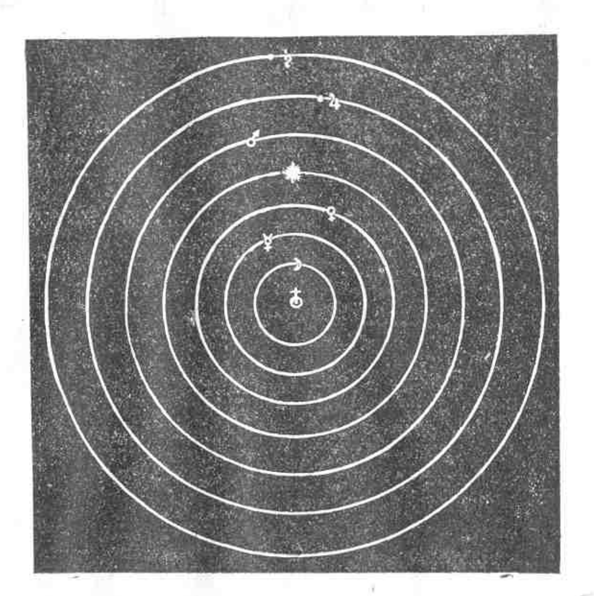


Рис. 61.

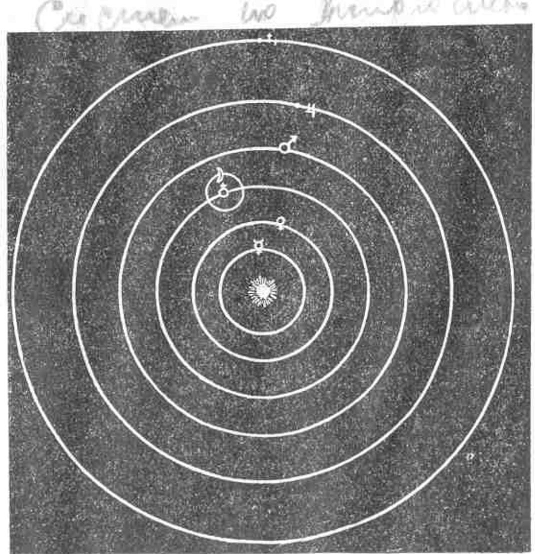


Рис. 62. Солнечная система по Копернику.

системы являлась Земля, ближайшая к ней планета — Луна, потом шли: Меркурий, Венера, Солнце, Марс, Юпитер, Сатурн (рис. 61).

Система Птоломея продержалась до Коперника, т.-е. около $1^1/_2$ тысячи лет.

Коперник изменил основную точку зрения и упростил теорию планет. Он понял, что не около земли, как неподвижного центра, движутся солнце и планеты, а сама земля есть планета и вместе с другими движется около солнца — центра системы, только луна движется около земли — это ее спутник.

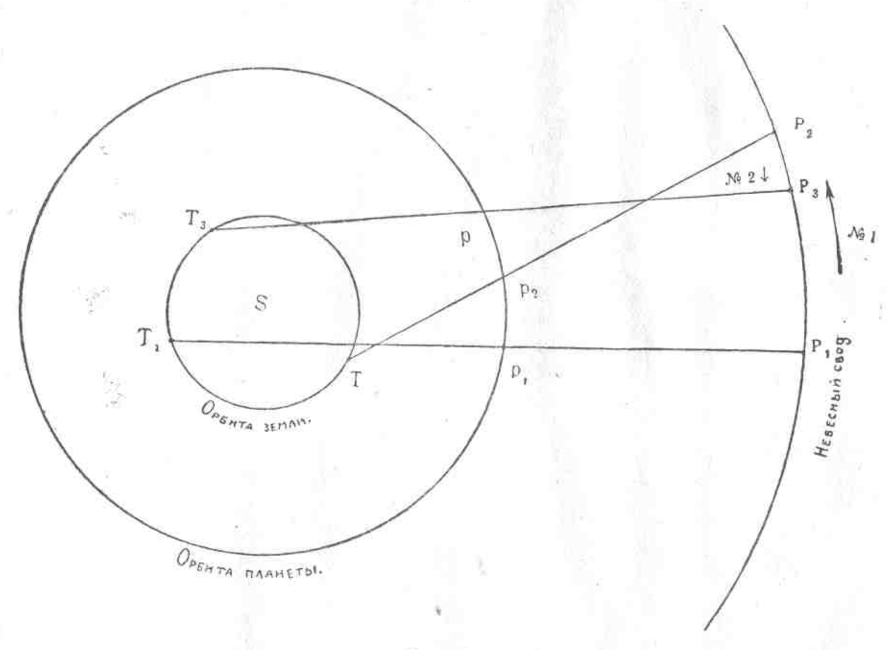


Рис. 63.

Коперник мог определить относительные расстояния планет от солнца. Если принять расстояние земли от солнца за единицу, то расстояние от солнца

Меркурия	0,4
Венеры	0,7
Земли	1,0
Марса	1,5
Юпитера	5,2
Сатурна	9,5

На рис. 62-м имеем расположение планет относительно солнца в системе Коперника.

Объяснение попятных движений. Коперник просто, наглядно объяснил остановки и попятные движения планет — это все явления к а ж у щ и е с я, происходящие от того, что наблюдатель, находящийся на движущейся земле, смотрит на планеты с различных точек пространства; на самом же деле каждая планета идет по своему кругу вокруг солнца всегда по одному направлению и равномерно.

Пусть T_1, T_2 и T_3 (рис. 63) три положения земли, p_1, p_2 и p_3 — соответствующие им положения планеты в н е ш н е й, т.-е. такой, путь которой охватывает орбиту земли. Из T_1 мы видим планету на небе в точке P_1, из T_2 — в точке P_2, а из T_3 — в точке P_3.

Хотя сама планета перемещалась вокруг солнца все в одном направлении ($p_1p_2p_3$), нам будет казаться, что сначала она шла прямым движением по стрелке № 1, от P_1 к P_2, а потом попятным по направлению стрелки № 2, от P_2 к P_3.

Так движутся планеты Марс, Юпитер и Сатурн. Подобным образом объяснены К о п е р н и к о м и особенности движения планет, которые мы называем теперь в н у т р е н н и м и, орбиты которых находятся внутри орбиты земли, т.-е. Меркурия и Венеры.

ГЛАВА XX.

Законы Кеплера. Теория Коперника является первой стадией в изучении истинного движения планет. Вторым приближением служат з а к о н ы К е п л е р а (1571 — 1630).

Первый закон. После многих попыток и длинных, утомительных вычислений Кеплеру удалось установить, что каждая из планет движется около солнца не по окружности круга, а по эллипсу.

Эллипс — напоминает сжатую окружность, у которой диаметры неоди-

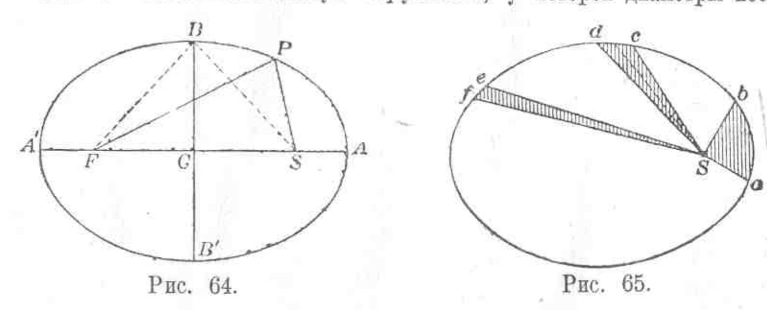


Рис. 64. Рис. 65.

наковы (рис. 64); эллипс обладает следующим свойством: сумма расстояний каждой точки от двух определенных точек на наибольшем диаметре (AB), так называемых фокусов F и S, всегда одна и та же, т.-е. $FP + SP = FB + BS$, и т. д.

Орбиты планет очень мало наклонны друг к другу и солнце для каждой находится в фокусе.

Второй закон. При движении планет по эллипсу линия, соединяющая планету с солнцем, описывает площади, пропорциональные временам, т.-е. если время в два раза больше, то и площадь, описанная в течение его, вдвое больше. В равные промежутки времени будут описаны одинаковые площади. Когда планета далека от солнца, площадь описанной прямой Sf (рис. 65) представится сектором, сравнительно длинным и узким. Планета переместится относительно солнца на малую дугу fe.

Когда планета близка к солнцу, сектор $aS'b_4$, описанный в такое же время, будет равен по площади первому сектору fSe_2, но окажется более раскрытым. Планета переместится на бо́льшую дугу ab_4.

Таким образом угловые перемещения планеты при движении ее около солнца неодинаковы.

Выше, на стр. 46-й, было отмечено, что солнце в то время, когда в северном полушарии зима, видимо перемещается на небе больше, а летом меньше, это как раз потому, что во время нашей зимы земля ближе к солнцу, чем летом.

Третий закон связывает все планеты в одну систему. Он гласит: квадраты времен обращения планет около солнца относятся, как кубы средних расстояний.

Наименьшее расстояние планеты от солнца — SP (рис. 66).

Наибольшее . . . . SA.

Среднее $= \frac{1}{2}\,(SP + SA) = \frac{1}{2}\,PA = CA = a$.

Пусть для одной планеты время обращения около солнца t_1 и среднее расстояние — a_1, для другой время обращения t_2 и среднее расстояние a_2.

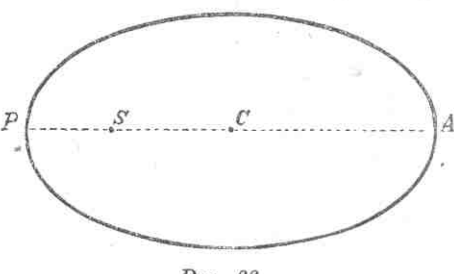


Рис. 66.

По третьему закону Кеплера

$$\frac{t_1^2}{t_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3}.$$

Для земли $t_1 = 1$ году и $a_1 = 1$.

Для Меркурия $t_2 = 0{,}2408$ года, $a_2 = 0{,}387$.

Подставив эти числа, найдем

$$\frac{t_1^2}{t_2^2} = 17{,}25 \text{ и } \frac{a_1^3}{a_2^3} = 17{,}25.$$

Для Венеры надо взять $t_2 = 0{,}6152$ года, $a_2 = 0{,}723$

Тогда

$$\frac{t_1^2}{t_2^2} = 2{,}64 \text{ и } \frac{a_1^3}{a_2^3} = 2{,}65.$$

Если известно среднее расстояние планеты от солнца, то можно вычислить время ее обращения около солнца. Так, например, для планеты Урана, открытой в 1781 году, среднее расстояние от солнца оказалось равным 19,183 астрономических единиц, т.-е. 19,183 расстояний земли от солнца.

Полагая: для земли $t_1 = 1$ году, $a_1 = 1$

для Урана $t_2 = x$ » $a_2 = 19{,}2$

Мы по уравнению $\frac{1}{x^2} = \frac{1}{(19{,}2)^3}$

найдем, что $x^2 = (19{,}2)^3 = 7077.888$ и x приблизительно $= 84$ годам.

Важно отметить, что те эллипсы, по которым движутся около солнца планеты, очень мало отличаются от кругов. При обыкновенных чертежах мы совсем не можем заметить их сжатия.

ГЛАВА XXI.

Всемирное тяготение. Кеплер, устанавливая геометрические соотношения в движении планет, догадывался, что должна быть какая-то общая физическая причина, их обусловливающая. Он подозревал, что движение планет происходит под действием притяжения солнца, но не умел выразить закона этого притяжения. Это сделано было гениальным английским ученым Ньютоном (1643 — 1727), который открыл так называемый закон всемирного тяготения. Всякое тело притягивает другое пропорционально массам и обратно пропорционально расстоянию, т.-е. если массы тел больше, то они притягиваются соответственно сильнее, если расстояние делается больше, то притяжение ослабевает пропорционально квадрату — увеличивается расстояние в 2 раза, притяжение ослабевает в 4, наоборот, если расстояние уменьшается в 3 раза, притяжение сделается больше в 9 раз и т. д.

Ньютон показал, что если солнце притягивает таким образом планеты, то они будут двигаться именно так, как требуют законы Кеплера. Законы Кеплера являются следствием закона Ньютона.

Подобно тому, как солнце действует на планеты, так и земля притягивает луну. Луна должна итти по эллипсу, в одном из фокусов которого находится земля.

Подобным образом и другие планеты действуют на своих спутников.

Планеты действуют и друг на друга. Поэтому движение каждой планеты около солнца не будет происходить строго по эллипсу, но должны быть уклонения в зависимости от притяжения других планет. Но эти уклонения очень малы, потому что массы планет сравнительно с массой солнца невелики. Кеплер не мог заметить этих уклонений по старым наблюдениям. Только более точные, новые наблюдения обнаружили уклонения планет от эллиптического движения и, как оказывается, эти наблюдаемые уклонения совершенно согласны с теми, которые получаются по теоретическим расчетам на основании закона Ньютона.

Согласие вычисляемых вперед положений планет с теми, что дают самые наблюдения, является бесспорным доказательством справедливости закона Ньютона.

С помощью этого закона оказалось даже возможным открытие путем вычисления планеты, о существовании которой раньше никто не подозревал.

В 1781 году астроном В. Гершель, осматривая небо с помощью своего телескопа, нашел планету, которой не знали древние, следившие за небом невооруженным глазом. Эта планета получила имя Урана. Для нее вычислили орбиту. Оказалось, что Уран находится от солнца на расстоянии в 19 раз большем, чем земля, и обходит вокруг него в 84 года.

Но с течением времени обнаружилось, что положения Урана, вычисляемые вперед, все более и более расходятся с теми, что давали непосредственные наблюдения. После нескольких неудачных проб исправить таблицы движения Урана пришли к предположению, что планета уклоняется от своего пути притяжением другой еще неизвестной планеты. Астрономы Адамс в Англии и Леверье во Франции с помощью остроумных расчетов на основании закона Ньютона независимо друг от друга определили (в половине XIX века) то место на небе, где должна была находиться эта планета и действительно там она и оказалась. Она имела вид небольшой звездочки восьмой величины и лишь по смещению своему отличалась от окружающих ее звезд. Эта планета названа Нептуном. Она находится от солнца на расстоянии в 30 раз большем, чем земля, и для своего полного обращения вокруг солнца употребляет почти 165 лет.

Нептун является самым далеким из известных нам членов солнечной системы.

ГЛАВА XXII.

Солнечная система. В состав солнечной системы входят:
1) Солнце — тело центральное.
2) Шесть больших планет, которые были известны еще в глубокой древности: Меркурий, Венера, Земля, Марс, Юпитер и Сатурн

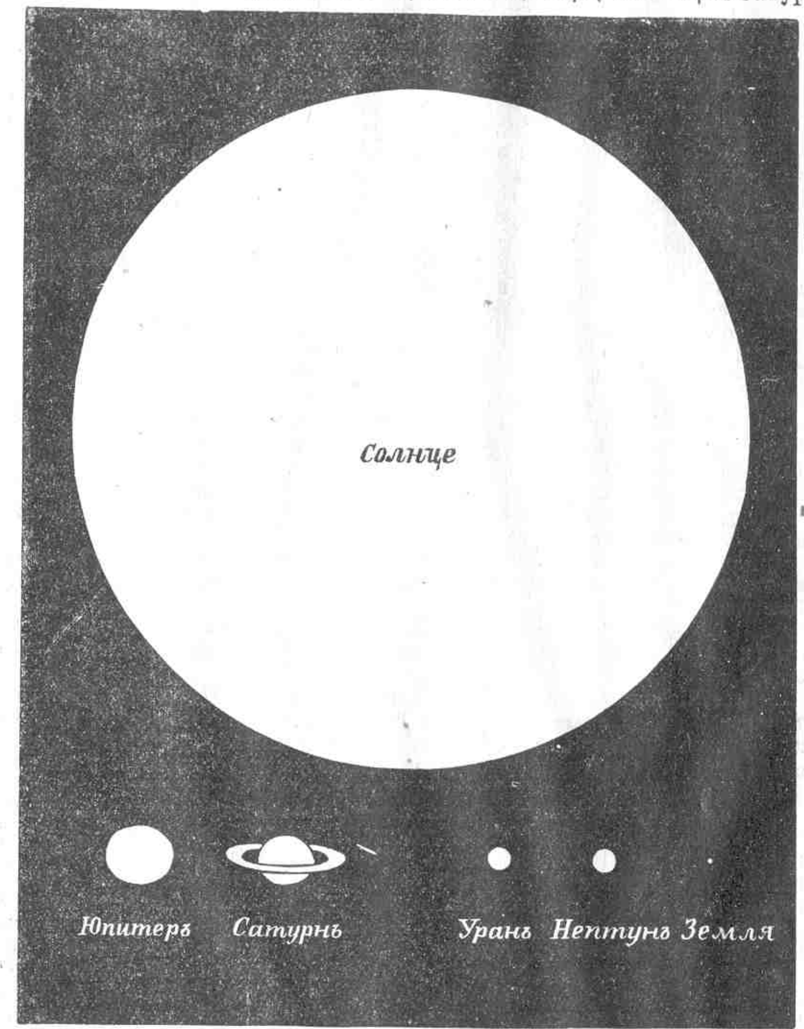


Рис. 67. Относительные размеры солнца и планет.

3) Две большие, наиболее удаленные от солнца планеты, открытые сравнительно недавно — Уран (в 1781 г. и Нептун в 1846 г.).

4) Малые планеты или астероиды, орбиты которых располагаются между орбитами Марса и Юпитера. Первая из малых планет открыта в 1801 г. Теперь их известно уже около тысячи.

5) Несколько комет, движущихся около солнца по орбитам очень вытянутым. Иногда в солнечную систему заходят еще кометы, как случайные гости. По одной ветви своего пути такая

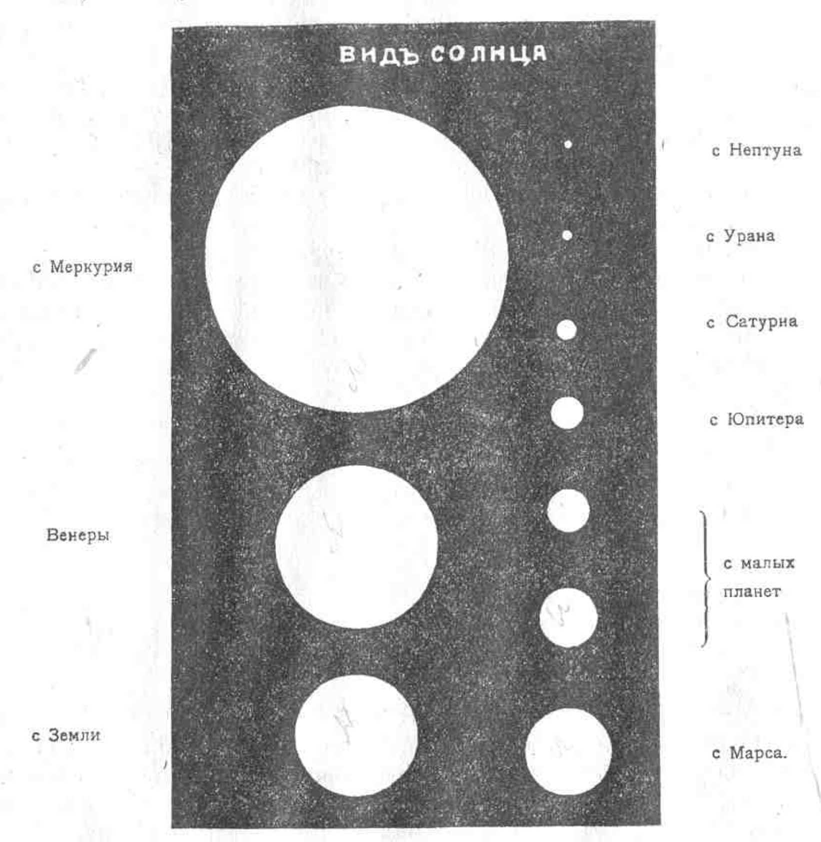


Рис. 68.

комета приходит из бесконечного пространства, по другой опять удаляется навсегда.

Около некоторых больших планет ходят спутники, образуя самостоятельные, но меньшие системы. Насколько нам известно в данное время:

у Земли . . . . . один спутник (Луна),
» Марса . . . . два,
» Юпитера . . . девять, из них четыре известны с тех пор, как изобретена труба, т.-е. уже 300 лет,

у Сатурна . . . . десять,
» Урана . . . . . четыре,
» Нептуна . . . один,
» Меркурия и Венеры спутников нет.

Важно иметь всегда перед глазами общий план солнечной системы и хорошо уяснить относительные размеры планет и солнца.

Попробуйте составить план солнечной системы сами. Возьмите, например, для расстояния земли от солнца 10 сантиметров, тогда Меркурия надо будет поставить на расстоянии 4 сантиметров от центра. Венеру — на расстоянии 7 сантиметров, Марса — 15 *см*, малые планеты 21 — 43 *см*, Юпитера — 52 *см*, Сатурна — 95 *см*, т.-е. почти метр, Урана на расстоянии 192 *см*, Нептуна на расстоянии 300 *см*., т.-е. трех метров.

Задача. Сколько времени идет свет до земли от луны, солнца, Нептуна?

Ответ — $1^1/_4$ сек., $8^1/_3$ мин., 4 часа.

Солнце в значительной степени превосходит своими размерами все планеты. В сравнении с ним и могучий Юпитер и Сатурн тела малые, как показывает рисунок 67-й. Еще меньше Нептун и Уран. Земля — незначительный кружок. Такова же Венера, Марс и Меркурий — исчезающие на чертеже точки.

Громадна и масса солнца. Если мы примем ее за 1.000.000.000, то:

масса	Меркурия	будет	иметь	только . . .	170	таких	единиц
»	Марса	»	»	» . . .	323	»	»
»	Венеры	»	»	» . . .	2450	»	»
»	Земли	»	»	» . . .	3037	»	»
»	Урана	»	»	» . . .	43950	»	»
»	Нептуна	»	»	» . . .	51180	»	»
»	Сатурна	»	»	» . . .	285550	»	»
»	Юпитера	»	»	» . . .	955100	»	»
»	Солнца	»	»	» . . .	1.000.000.000	»	»

Даже все планеты вместе составляют только $^1/_{700}$ массы солнца.

Солнце своим притяжением определяет движение планет. Оно же согревает их своим теплом и освещает своим ярким светом. Но, конечно, значение солнца в этом отношении чрезвычайно различно для планет вследствие различных расстояний их. Чем дальше планета, тем меньше она получает от солнца света и тепла. Освещение и нагревание обратно пропорциональны квадрату расстояния. Закон тот же, что и для силы притяжения.

Вследствие этого на Меркурии интенсивность солнечных лучей в $6^1/_4$ раз больше, чем на земле,

на Венере в 2 раза больше, » Марсе » $2^1/_4$ раза меньше, » Юпитере в 27 раз меньше, » Сатурне » 90 » » » Уране » 368 » » » Нептуне » 900 » »	Проверить непосредственными вычислениями, взявши приведенные выше на стр. 66 относительные расстояния планет от солнца.

Таким образом, Нептун получает лишь ничтожную часть того тепла, которое мы имеем на земле.

В то же время и видимые размеры солнца с различных планет различны, как дает рис. 68-й.

ГЛАВА XXIII.

Солнце. Несмотря на громадное расстояние от земли (150.000.000 километров), солнце усматривается нами под углом в 32′.

Отсюда мы вычисляем, что действительный диаметр его в 109 раз приблизительно больше диаметра земли (стр. 44).

Объем солнца приблизительно в 13.000.000 раз больше объема земли.

Но масса солнца больше массы земли только в 329.000.

Следовательно, средняя плотность солнца составляет всего $^1/_4$ средней плотности земли, т.-е. немного больше плотности воды — вот первый результат, указывающий на то, что солнце не такое уплотненное тело, как земля.

Вращение солнца. — На блестящей поверхности солнца еще Галилей, направивший изобретенную им трубу на небо, видел пятна. Эти пятна не сохраняют своего положения на диске, и по смещению их можно судить о вращении солнца (рис. 69).

Время вращения солнца у экватора 25 дней.

Но это только на экваторе. Чем ближе к полюсу, тем больше время вращения: 26, 27, 28 дней. Таким образом, солнце вращается не как одно целое, а поясами: экваториальный пояс быстрее всего, ближе к полюсам медленнее. Вот еще подтверждение, что солнце нетвердое тело.

Грануляция. — При наблюдении в хорошую трубу ослепительно блестящая поверхность солнца, так называемая фотосфера, кажется рябоватой — как бы в молоке плавают разбухшие зерна риса. Этот зернистый вид поверхности солнца называется грануляцией (рис. 70).

Пятна и факелы. По временам среди однообразной зернистой поверхности образуются гигантские вихри, представляющиеся нам в виде больших или меньших пятен: темное ядро внутри, так называемая тень, и серая кайма вокруг — полутень (рис. 71).

По своим размерам пятна бывают иногда очень велики, раз в 100 — даже более, чем поверхность всего земного шара.

В таких случаях пятно может быть замечено и без трубы, если смотреть на солнце через закопченное стекло.

Пятна по большей части являются группами. Иногда в одной группе несколько сот мелких пятен.

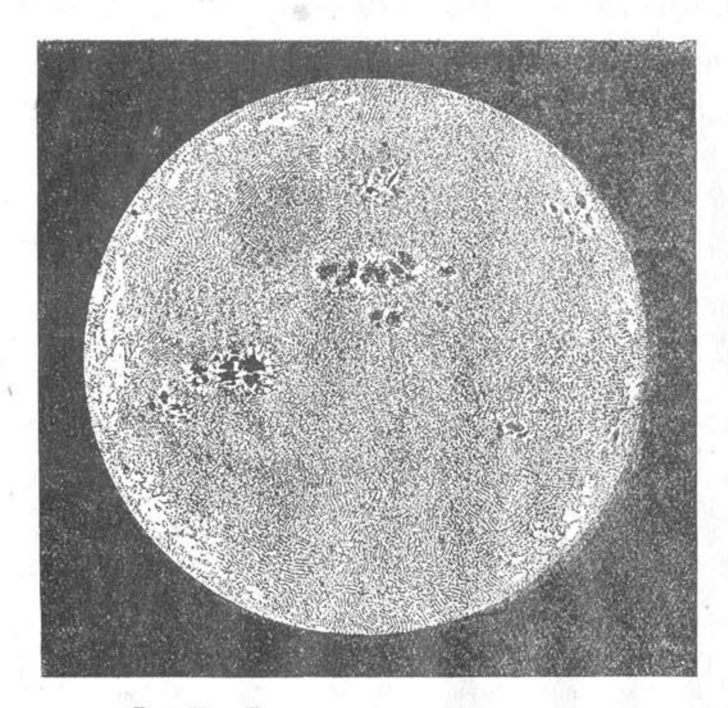


Рис. 69. Пятна на солнечной поверхности.

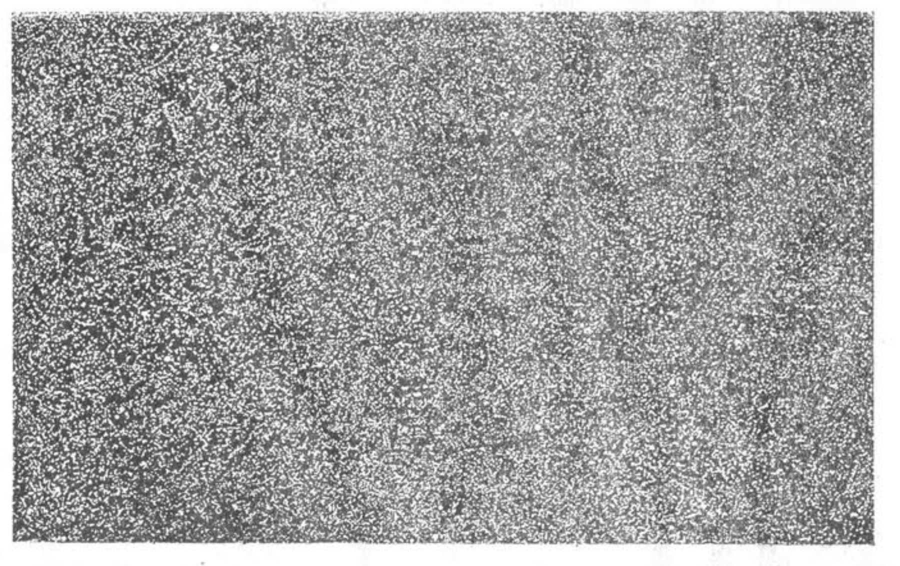


Рис. 70. Грануляция солнечной поверхности по фотографии.

Около пятен, а иногда и отдельно, на солнечном диске близ краев видны светлые червячки—так называемые факелы. Это приподнятые части блестящей фотосферы.

Периодичность солнечных пятен и факелов. Число пятен на солнечном диске не всегда одинаково. В некоторые годы поверхность солнца совершенно чиста, потом на ней начинают появляться пятна все чаще и чаще, общее число их за год постепенно возрастает, наступает максимум, вслед за которым пятнообразовательная деятельность солнца ослабевает, число пятен от года к году уменьшается и вновь наступает время, когда на диске совсем не появляется пятен. Потом пятна появляются вновь и число

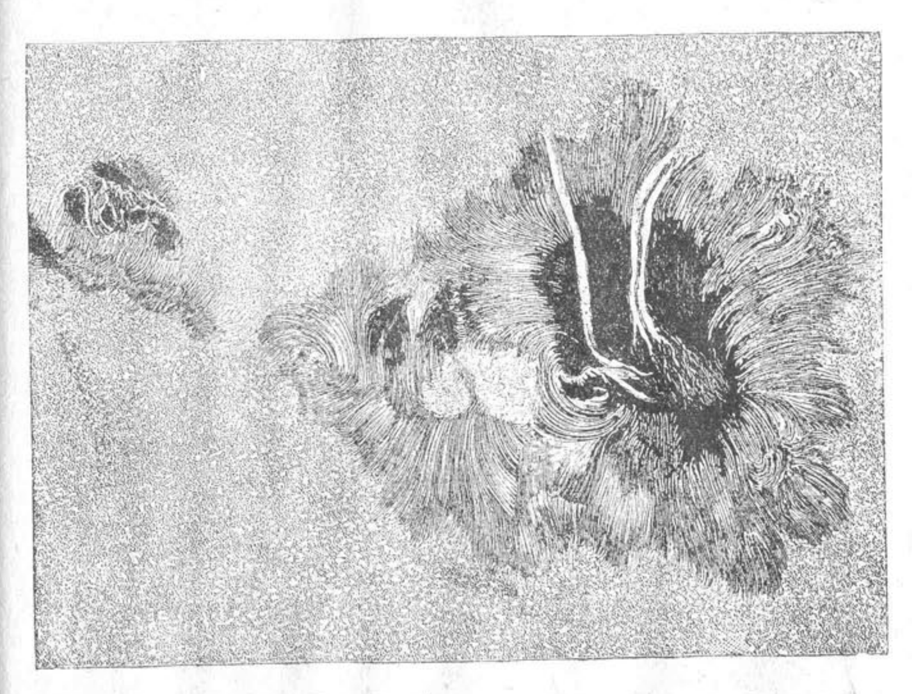


Рис. 71. Солнечное пятно.

их возрастает и уменьшается в той же последовательности. Продолжительность целого периода (т.-е. промежуток времени от одного минимума или максимума до другого минимума или максимума) 11 лет.

Тот же период и для факелов.

Вещества на солнце. По темным линиям в спектре солнца можно судить о составе солнечной атмосферы. Оказывается, в ней плавают пары натрия, магния, железа, никкеля и многих других тел.

Температура солнца. Температуры солнца нельзя указать точно, потому что различные слои не одинаково горячи,

но то обстоятельство, что в атмосфере солнца есть пары тяжелых металлов, свидетельствует, что она составляет тысячи градусов.

Сложные соображения заставляют ученых считать наиболее вероятной температурой поверхности солнца — 6.000° С.

Солнечная корона. Верхние сло иатмосферы состоят из очень разреженного вещества, охватывающего солнце широким кольцом. Когда солнечный диск закрыт во время полного затмения луною, мы видим это кольцо в виде блестящего венца с лучами — это так называемая солнечная корона (рис. 57 и 72).

Солнечная корона не представляет собой постоянного образования и внешний вид ее меняется.

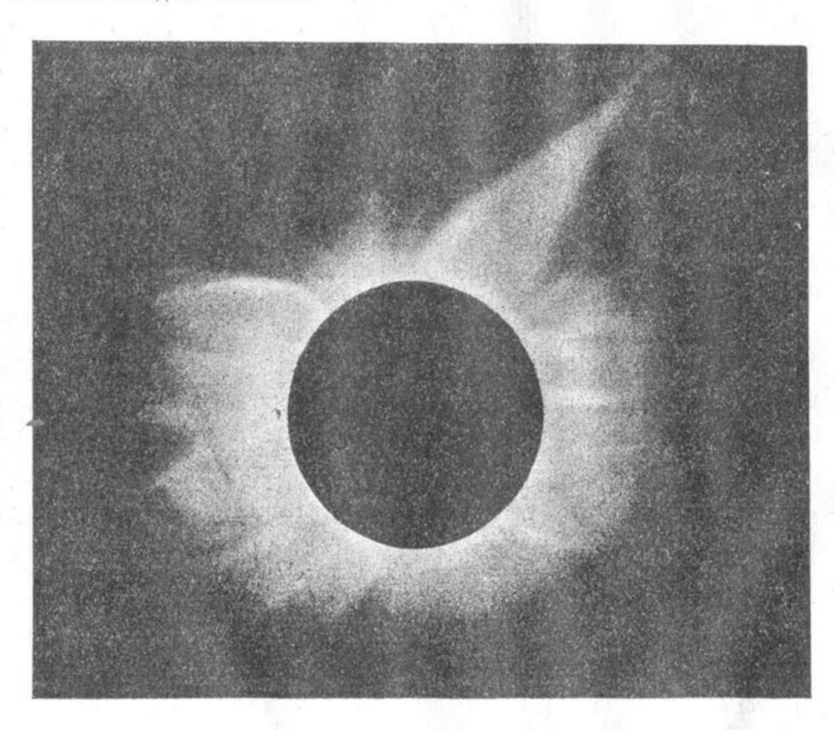


Рис. 72. Солнечная корона во время полного затмения.

Протуберансы. С самой поверхности солнца поднимаются в корону пурпуровые выступы, иначе протуберансы.

Прежде наблюдались эти выступы только во время полных затмений. Теперь научились видеть и даже фотографировать их без затмения, при полном солнечном блеске.

Протуберансы представляют собой по преимуществу массы накаленного водорода. Они являются в разнообразных и часто быстро изменяющихся формах (рис. 73, 74 и 75). Число их на солнце тоже изменяется периодически, как число пятен и факелов. Период также 11 лет.

Солнечная энергия. Земля получает лишь ничтожную часть того тепла, которое излучается солнцем во все стороны в пространство. Запас энергии на солнце громаден. Мы не можем оценить его точно, не можем и сказать, откуда он берется, почему мы не замечаем его убыли, на какое время этого запаса энергии хватит. Возможно, что солнце, охлаждаясь вследствие лучеиспускания, сокращается в объеме, а результатом сжатия является развитие нового количества тепла.

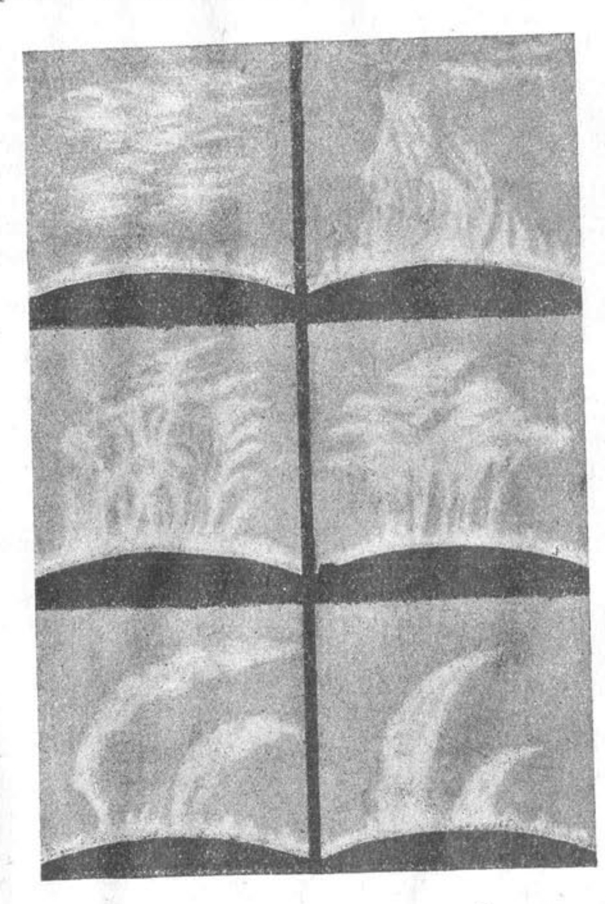


Рис. 73 — 75. Различные виды протуберансов.

ГЛАВА XXIV.

Меркурий — ближайшая к солнцу и самая малая из восьми больших планет.

Его среднее расстояние от солнца—около 0,4 расстояния земли от солнца. Диаметр—приблизительно $^1/_3$ земного, объем—около $^1/_{20}$ объема земли, масса всего $^1/_{6000000}$ массы солнца.

На поверхности планеты почти ничего не видно.

Повидимому Меркурий всегда обращен к солнцу одной стороной. Таким образом, на этой стороне господствует вечный день и страшный жар, на противоположной — вечная ночь и холод. Атмосферы около Меркурия незаметно.

Венера — вторая по расстоянию от солнца планета (0,7 расст. земли от солнца). По величине она почти равна земле, ее масса лишь немного меньше земной, но то состояние, в каком находится Венера, повидимому, совершенно отличается от того, в каком находится земля. Венера окутана густой атмосферой. Атмосфера эта отражает очень много солнечных лучей.

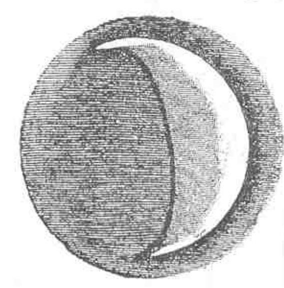


Рис. 76. Вид Венеры в трубу. Кроме яркого серпа планеты, видна и часть поверхности, освещенная матовым серым сиянием. Здесь господствуют постепенно сгущающиеся сумерки.

Этим и объясняется исключительная яркость планеты. Но благодаря атмосфере на поверхности Венеры мы ничего не можем разглядеть и не знаем, как она вращается.

Меркурий и Венера при своем обращении около солнца проходят через все фазы, как луна (рис. 59 и 76).

Ни у той, ни у другой планеты, повидимому, спутников нет.

Луна — самое близкое к земле светило.

Ее расстояние от земли составляет только 60 земных радиусов. Диаметр луны около $^2/_7$ земного (рис. 77), объем около $^1/_{50}$, но масса только $^1/_{80}$, так что плотность луны почти в 2 раза меньше плотности земли.

Вращение луны. Луна всегда обращена к земле одной стороной своей поверхности.

Отсюда следует, что луна вращается около своей оси в такое же время, в какое обходит по своей орбите вокруг земли.

Если бы луна вращалась быстро, то она поворачивалась бы к нам всеми сторонами своей поверхности; если бы она совсем не вращалась, то при двух противоположных положениях (например, полнолунии и новолунии) к земле были бы обращены противоположные стороны ее поверхности. Только в том случае, если время вращения луны около оси равно времени обращения по орбите, она будет обращена к нам одной стороной.

Сутки на луне, таким образом, приблизительно в 28 раз длиннее, чем на земле. В течение 14 наших суток каждое место лунной поверхности освещается солнечными лучами, в течение 14 суток оно погружено в темноту.

Атмосфера. Рассвет должен на луне наступать сразу, потому что вокруг нее нет атмосферы, не может быть суме-

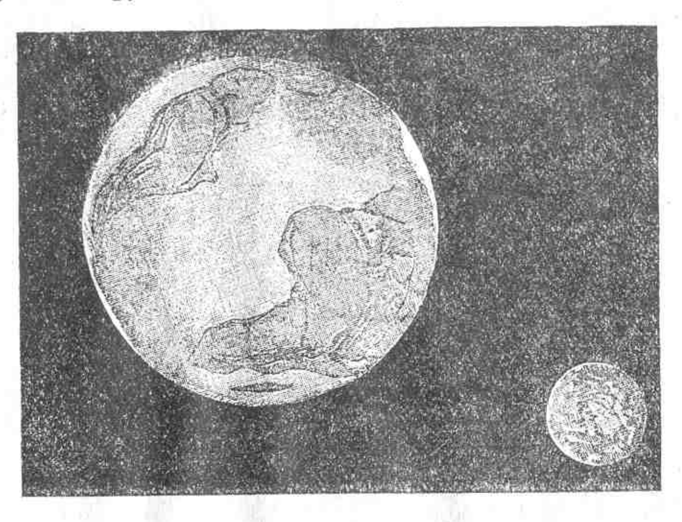


Рис. 77. Относительные размеры земли и луны.

рек. Все тени на лунной поверхности черные, а не серые, как на земле.

Поверхность. Уже невооруженным глазом на луне видны темные пятна, так называемые моря. В трубу можно рассмотреть и другие подробности.

Главные образования на лунной поверхности — цирки. Это круглые горы, напоминающие по своему строению кратеры наших земных вулканов: вал, углубление внутрь — ниже окружающей поверхности и часто центральная горка на дне (рис. 78).

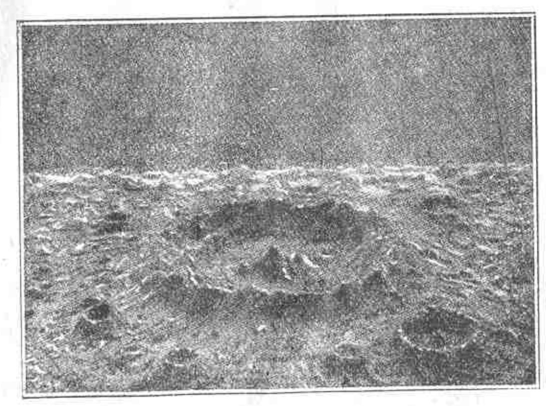


Рис. 78. Цирки — круглые горы на луне.

Кроме круглых гор встречаются и массивные возвышенности, которые иногда стоят на равнине отдельно, но чаще образуют мощные цепи (рис. 79).

Во многих местах видны трещины, образовавшиеся, вероятно, при сокращении коры.

В полнолуние можно видеть светлые лучи, радиусами расходящиеся от некоторых цирков, например, от цирка Тихо (рис. 80).

На лунной поверхности не замечается почти никаких изменений. Все там застыло и мертво.



Рис. 79. Горная цепь Аппенины на краю Моря Дождей. Высокие вершины отбрасывают длинные тени. Между цепью гор и цирками внизу видны трещины.

Марс — по своей природе наиболее похожая на землю планета, но размерами значительно отличается от нее.

Диаметр Марса приблизительно в 2 раза меньше земного, его объем всего только $^1/_7$ объема земли, масса — $^1/_{10}$ земной.

На поверхности Марса видны вполне определенные пятна, по которым можно было выяснить вращение планеты. Время оборота

несколько больше 24 часов, т.-е. весьма близко к времени вращения земли. Экватор Марса наклонен к орбите тоже приблизительно так, как экватор земли к эклиптике.



Рис. 80. Полный диск луны. От цирков Тихо и Коперника расходятся радиусами светлые лучи.

Вследствие этого относительное распределение тепла на поверхности Марса приблизительно такое же, как на земле, хотя общее количество тепла, получаемое Марсом, гораздо меньше того, что получает земля.

На полюсах Марса видны белые пятна.

В средних широтах различают темные и красновато-светлые пятна. Многие наблюдатели склонны признать светлые пятна материками, а темные морями.

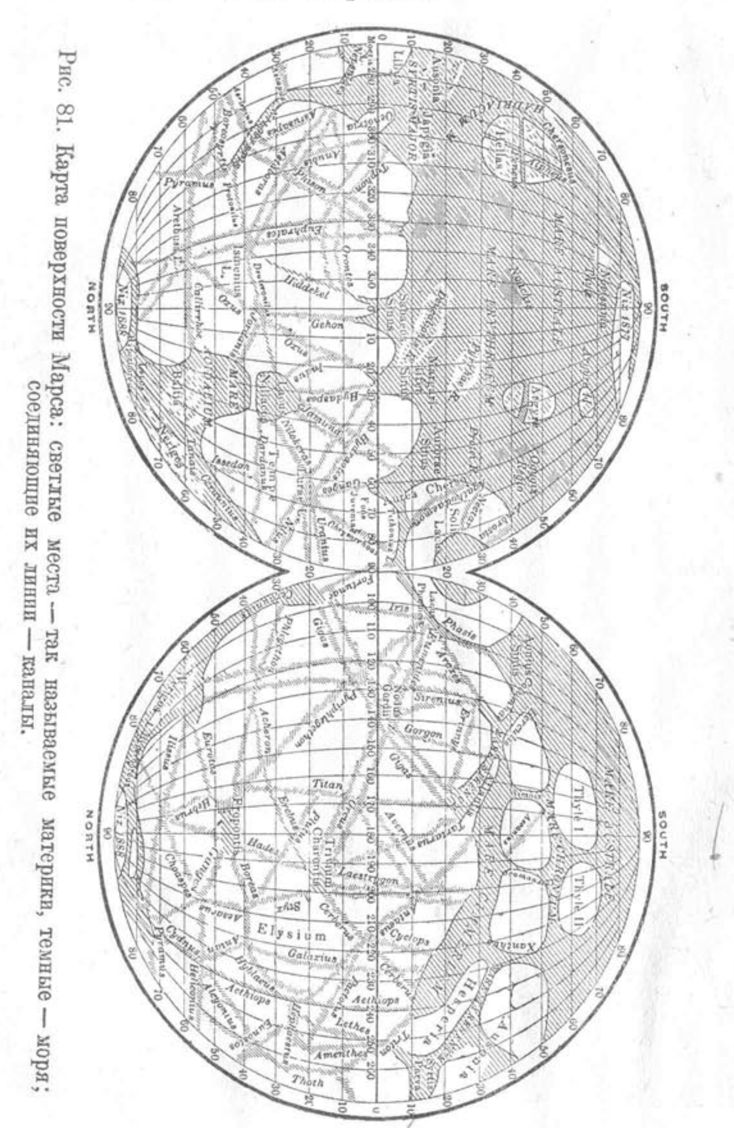


Рис. 81. Карта поверхности Марса: светлые места — так называемые материки, темные — моря; соединяющие их линии — каналы.

Загадочное явление представляют так называемые каналы, прорезывающие материки и соединяющие моря (рис. 81).

У Марса два спутника, которые очень малы по своим размерам.

Малые планеты или астероиды — широким поясом движутся вокруг солнца между орбитами Марса и Юпитера. В настоящее время известно около тысячи малых планет.

С каждым годом их открывают все более и более. Астероиды — очень малые тела. Наибольшие из них могут иметь 500—600 *км* в диаметре, наименьшие же даже 30 *км*. В трубу они являются слабыми звездочками, отличающимися от других только тем, что изменяют свое положение. О природе их мы ничего почти не знаем.

Юпитер. Могучий Юпитер и по объему и по массе наибольшая планета.

Его объем в 1300 раз больше объема земли, но масса только в 310 раз больше земной массы. Таким образом, его плотность так же, как и плотность солнца, составляет около $^1/_4$ плотности земли.

По пятнам, которые видимо перемещаются на поверхности Юпитера, можно заключить о вращении его около оси. Время вращения его 9 час. 50 мин. Результатом быстрого вращения является большое сжатие, которое бросается в глаза при рассматривании планеты в трубу.



Рис. 82. Поверхность Юпитера по наблюдениям проф. Бредихина. Ряд параллельных полос, особенно широкая — средняя, на ней видны облачные образования, выше нее большое красное пятно. Черное круглое пятнышко — тень спутника, проходящего перед планетой.

Юпитер получает очень мало тепла от солнца, но сам он, повидимому, еще не успел охладиться. Пятна, которые наблюдаются на его поверхности, изменчивого облачного характера.

Параллельно экватору тянутся бурые полосы, число и ширина которых бывают различны в различное время.

Наиболее характерным является большое красное пятно. По объяснению проф. Бредихина это часть корки, которая стала образоваться на расплавленной поверхности Юпитера. Юпитер окружен довольно плотной атмосферой (рис. 82).

Система Юпитера. Около Юпитера ходят девять спутников.

Четыре из них известны уже более 300 лет, со времени открытия их Галилеем. Пятый, весьма слабый, найден в 1892 году. Остальные четыре открыты с помощью фотографии еще позднее.

Из четырех ярких спутников один почти равен по своим размерам Марсу, другой Меркурию, а меньший из них приблизительно таков, как Луна.

Заходя в тень, которую отбрасывает Юпитер от солнца, спутники скрываются от наших взоров. По наблюдениям этих затмений была определена впервые скорость света (рис. 83).

Сатурн — единственная планета в солнечной системе, окруженная кольцом.

Объем Сатурна в 860 раз больше объема земли, масса в 94 раза больше массы земли, сжатие больше, чем у Юпитера, на поверхности планеты почти ничего не видно.

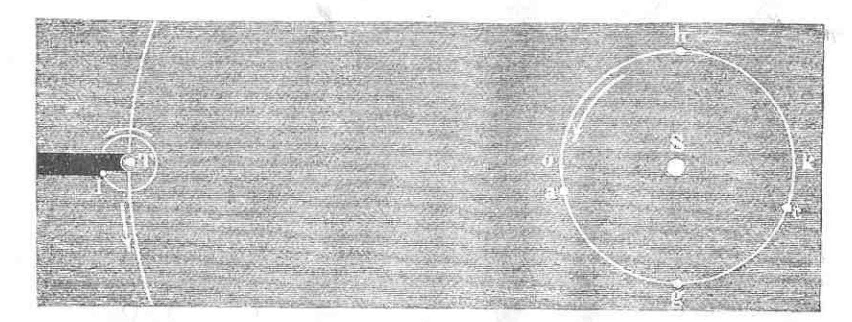


Рис. 83. Выхождение спутника из конуса тени, отбрасываемого Юпитером (T). Направо солнце — S и орбита земли.

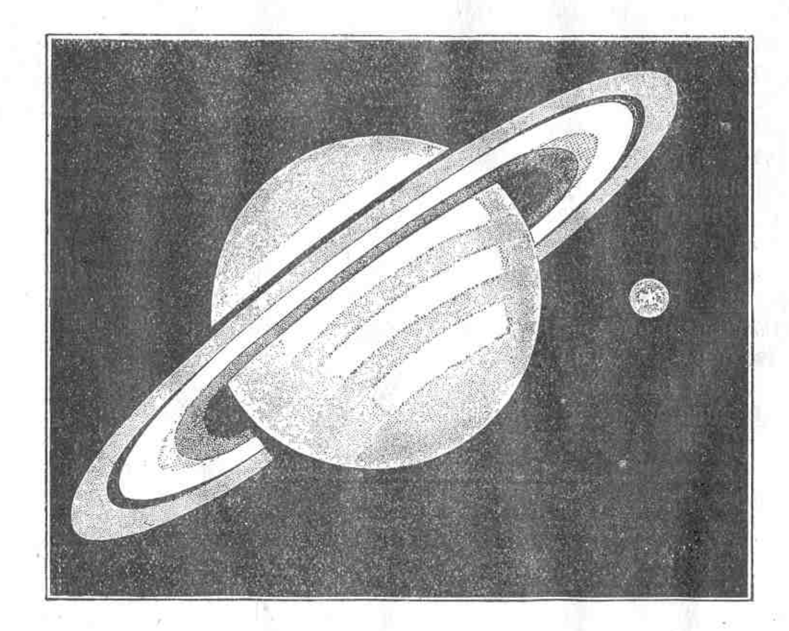


Рис. 84. Сатурн и его кольца.

Повидимому, Сатурн, подобно Юпитеру, находится в расплавленном состоянии. Время вращения его 10 час. 14 мин.

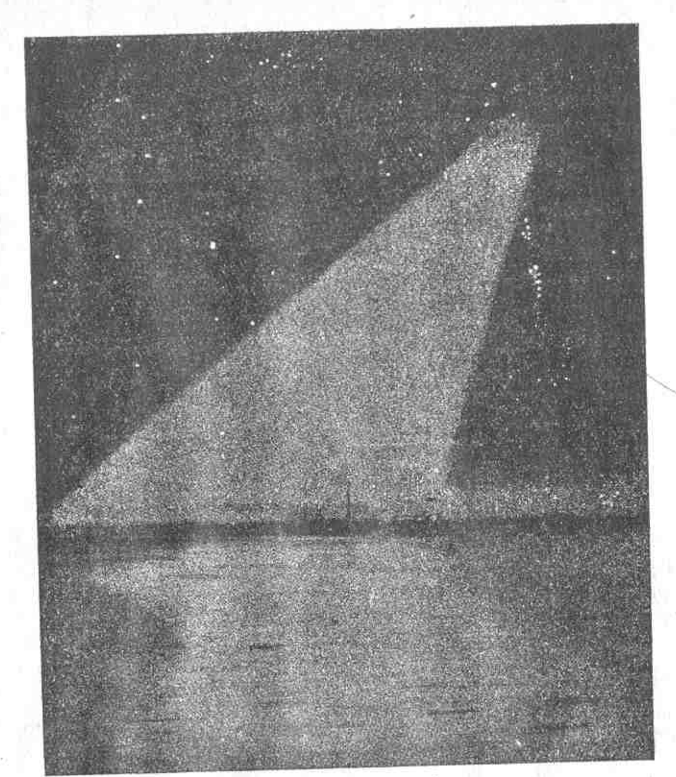


Рис. 85. Зодиакальный свет.

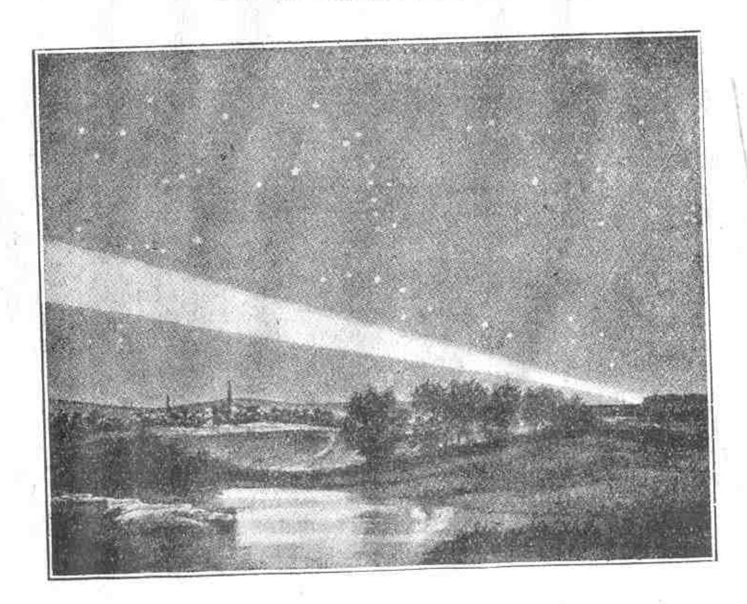


Рис. 86.

Всего интереснее у Сатурна — кольцо, или вернее кольца, которые охватывают планету кругом (рис. 84).

Кольца эти, кажется, состоят из большого числа маленьких телец, спутников Сатурна.

Кроме этих маленьких спутников, являющихся для нас в виде общей массы колец, Сатурн имеет еще 10 наблюдающихся отдельно спутников. Из них наибольший Титан.

Уран и Нептун — благодаря большому расстоянию от земли недоступны для наблюдения невооруженным глазом, хотя и являются значительными членами солнечной системы.

По отношению к земле			
Объем Урана	70	масса 14	плотность 0,2
» Нептуна	55	» 17	» 0,3

Повидимому, обе планеты еще находятся в расплавленном состоянии. Ни времени вращения их, ни положения оси определить нельзя.

Около Урана ходят 4 спутника, у Нептуна один спутник.

Зодиакальный свет. В ясный зимний или весенний вечер после сумерек на западе, а летом и осенью перед зарею на востоке иногда можно видеть слабое сияние пирамидальной формы, которое называется зодиакальным светом потому, что оно стелется по эклиптике.

Повидимому, зодиакальный свет кольцом охватывает солнце, но что собственно оно представляет собой, до сих пор не выяснено (рис. 85).

ГЛАВА XXV.

Кометы. Нежданно, негаданно и неизвестно откуда появляются иногда на небе странные светила необычного вида: с размытой туманной головой и с более или менее длинным хвостом. Это кометы, т.-е. волосатые звезды (рис. 86). Движения комет среди звезд часто довольно быстрые, внешний вид изменчив.

В прежнее время появление комет наводило ужас на людей, да и теперь темные массы часто смотрят на них суеверно. Кометы считались вестниками различных несчастий: войны, голода, землетрясения, чумы и т. п. А на самом деле эти гости в нашей солнечной системе идут по определенным путям под действием постоянной силы притяжения солнца, никакого отношения к земле они не имеют и ничего угрожающего ей не несут.

Пути комет отличаются вытянутостью. Большинство движется по таким орбитам, которые уходят в бесконечность. По одной ветви такого пути комета приходит из бесконечного пространства к солнцу, огибает его на сравнительно очень близком расстоянии и вновь удаляется навсегда по другой ветви своей орбиты.

Периодические кометы. Но есть несколько комет, которые движутся хотя и по вытянутым, но все-таки замкнутым орбитам, так что через то или другое число лет вновь возвращаются на близкое расстояние к солнцу и земле. Такие кометы называются периодическими. Примером их может служить комета Галлея, которая наблюдалась в последний раз в 1910 году. Время ее обращения около 76 лет.

Строение кометы. Вещество кометы вообще мало связное. В комете различают три части: 1) туманную округлую массу, так называемую голову, 2) светлое уплотнение внутри головы — ядро и 3) длинный изогнутый или прямой придаток сзади головы — хвост.

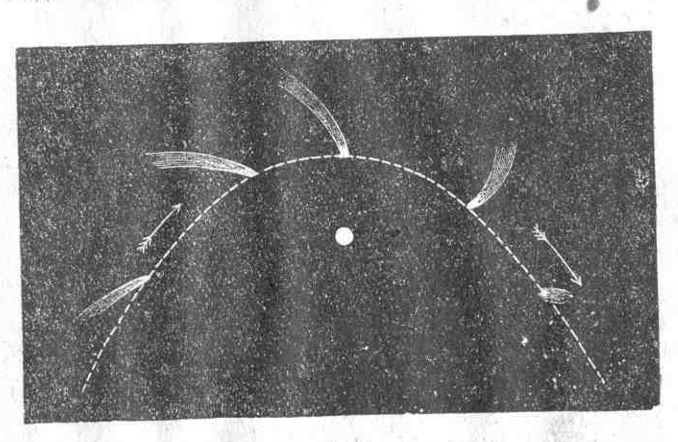


Рис. 87. Комета обходит солнце; хвост ее всегда направлен в сторону, противоположную солнцу.

Когда комета далека от солнца, она движется медленно и имеет вид круглой туманности, но по мере приближения ее к солнцу, скорость движения увеличивается, появляется хвост, который растет все более и более, достигая наибольшей величины обыкновенно после прохождения через перигелий.

У больших ярких комет хвост тянется иногда на много миллионов верст. Он состоит всегда из крайне разреженной материи, так что, покрывая на небе звезды, он не ослабляет их блеска.

Еще в древности было замечено, что хвост отклонен в сторону, противоположную солнцу (рис. 87).

Хвост кометы состоит из частиц, выбрасываемых кометой и отталкиваемых солнцем в пространство. Тот хвост, который мы видим сегодня, состоит уже не из тех частиц материи, как вчера или два дня назад, завтра в его состав войдут еще новые частицы.

Падающие звезды. Долгое время падающие звезды считались атмосферными явлениями, отсюда и второе название их — метеоры. Но метеоры только загораются в нашей атмосфере, идут же они к нам из бесконечного пространства по определенным путям, как кометы. Влетая с громадной скоростью в атмосферу земли, маленькое космическое тельце вследствие сопротивления воздуха накаливается и загорается. Обыкновенно оно и сгорает все на большой высоте. Только в исключительных случаях, когда попадает в атмосферу земли тело большое, оно не успевает сгореть и падает на землю с треском и шумом, в виде

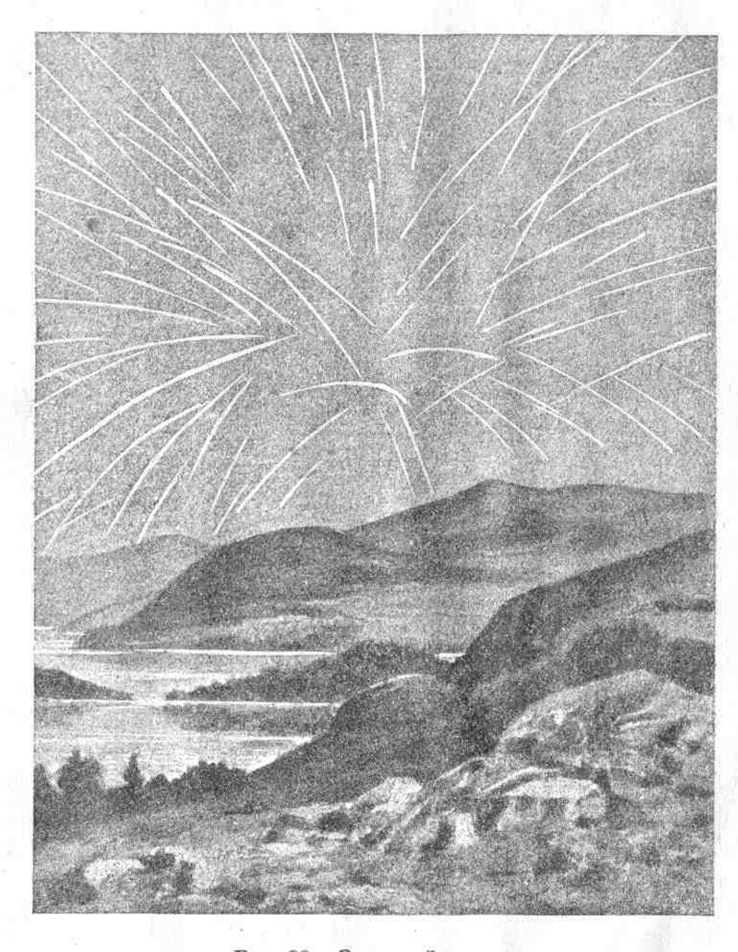


Рис. 88. Звездный дождь.

камня. Яркие метеоры носят название болидов, а камни, падающие с неба, называются аэролитами и метеоритами.

Высота возгорания. В среднем метеоры вспыхивают на высоте 120 верст и сгорают вполне на высоте 80 верст. Болиды спускаются ниже 40—45 верст над поверхностью земли.

Состав метеоров. Малые метеоры, составляя в среднем, как можно судить по блеску, несколько долей грамма, сгорают в атмосфере совершенно, спектр их наблюдать трудно, так что о составе собственно метеоров мы ничего не знаем; но метеориты, падающие на землю, изучены хорошо. В состав их входят: водород, кислород, азот, сера, хлор, фосфор, углерод, калий, натрий, железо, медь и пр.—те же элементы, как и на земле.

Звездные дожди. Знаменитый естествоиспытатель А. фон-Гумбольд во время своего путешествия в Америку был свидетель 12 ноября 1799 г. чрезвычайно эффектного явления — падения массы метеоров, которые сыпались по несколько сот в минуту, как дождь звезд (рис. 88). По рассказам туземцев такой же звездный дождь наблюдался в 1766 г. 11-го ноября. Он повторился после в 1833 и 1866 г. как раз в тот же день 12-го ноября. Богатство явления и его правильная периодичность (33-34 г.) обратили внимание астрономов на метеоры, которые до тех пор считались чуждыми их области исследования. Была установлена связь метеоров с кометами. Мы считаем теперь метеоры выделениями комет. Каждая частица, отделившаяся от кометы, идет по определенной орбите в пространстве. Некоторые из них встречаются с землей и, попадая в ее атмосферу, загораются.

Не надо смешивать этих выделений комет с несравненно более мелкими, которые откидываются в хвост.

ГЛАВА XXVI.

Число звезд. Невооруженным глазом на небе видно сравнительно немного звезд — тысячи три с небольшим зараз, тысяч шесть на всем небе. Но с помощью большой астрономической трубы мы можем видеть громадное число — сотни тысяч и миллионы звезд. Еще больше дает фотография.

Яркость звезд. Звезды по яркости разделяются на классы: все наиболее яркие, хотя и неодинаковые по блеску, отнесены к первому классу и называются звездами первой величины, затем идут звезды второй величины, примером которых могут служить шесть главных звезд Б. Медведицы, далее — третьей величины и т. д.

Невооруженный глаз едва различает звезды 6-й величины; фотография дает изображения звезд 15—16 величины.

*

Расстояния звезд. Естественно предположить, что слабые звезды дальше от нас, чем яркие. В общем это предположение может быть верно, но в отдельных случаях мы встречаем противоречие. Более или менее точно известны нам расстояния сравнительно весьма небольшого числа звезд. Расстояния эти громадны.

Вообще звезды так далеки от нас, что свет, который проходит 300000 километров в секунду, идет от них десятки и сотни **лет**.

Природа звезд. Сопоставляя яркость звезд с их расстоянием, мы сразу приходим к заключению, что звезды представляют

Рис. 89. Двойные звезды в астрономической трубе.

собой большие самосветящиеся тела — отраженный свет не дошел бы до нас на такое огромное расстояние. Следовательно, мы имеем основание допустить, что звезды — это тела, подобные нашему солнцу, и некоторые из них даже превосходят его размерами.

Двойные и кратные звезды. Известно много звезд, которые в трубе разделяются на две. Часто можно заметить, что одна звезда движется около другой. Время оборота по большей части несколько десятков лет. В таких случаях мы имеем дело со сложной системой, состоящей из двух солнц, совершенно отличной от нашей солнечной системы, в которой только одно самосветящееся большое тело, остальные же маленькие планетки (рис. 89).

Встречаются звезды, которые с помощью сильной трубы разделяются на три и на четыре звезды.

Переменные звезды. Есть в созвездии Персея звезда по имени Альголь (бета Персея), блеск которой периодически колеблется. В течение 2 сут. 11 час. эта звезда — второй величины, потом яркость ее начинает постепенно уменьшаться, в тече-

ние $4\frac{1}{2}$ час. падает почти до 4-й велич. и затем вновь увеличивается.

Это одна из типичных переменных звезд.

Последить за изменением ее блеска можно посоветовать каждому [1]).

В настоящее время известно много других звезд, яркость которых изменяется. В одних случаях колебания блеска происходят периодически, в других они неправильны. Для нас они интересны в том отношении, что дают указания на особенности в природе и строении звезд. Так несомненно, что Альголь не простая звезда, а система двух тел, из которых одно темное. Когда это темное тело проходит между главной яркой звездой и нами, мы наблюдаем потемнение Альголя. Когда темный спутник прошел уже мимо, блеск Альголя опять прежний.

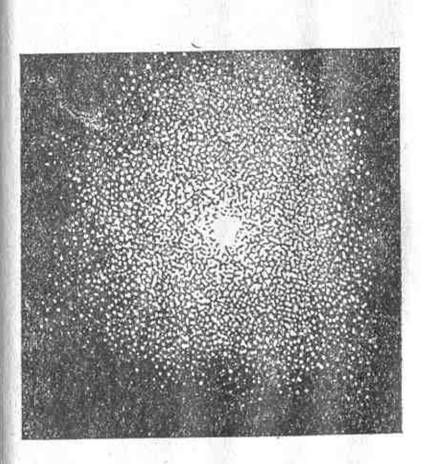


Рис. 90. Звездное скопление в Геркулесе.

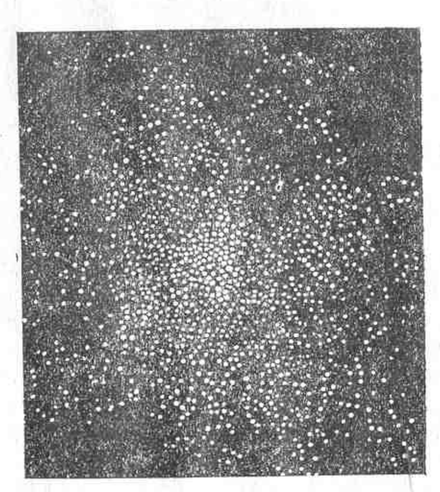


Рис. 91. Звездное скопление в созв. Водолея.

Новые звезды. Иногда на небе вдруг появляются звезды, которых не было видно раньше.

Их называют новыми, но лучше было бы назвать временными, потому что, вспыхнувши на небе, они не остаются видимыми долго, а постепенно ослабевая в блеске, через несколько месяцев вновь исчезают для нас совершенно.

Весьма вероятно, что это уже потухшие звезды, покрывшиеся корой, но еще недостаточно плотной, которая может в некоторых случаях разрываться.

Звездные скопления и туманности. Двойные и кратные звезды представляют сложные системы солнц. Но есть

---

[1]) В астрон. календаре даются моменты минимума блеска Альголя и других переменных звезд.

системы, в состав которых входит еще больше — сотни и тысячи солнц. Примером таких звездных скоплений могут служить Плеяды. Это всем известная кучка звезд в созвездии Тельца — в миниатюре Б. Медведица. Невооруженным глазом мы различаем в ней 7 — 8 звезд, в трубе представляется их целая масса.

В настоящее время известно очень много звездных скоплений,



Рис. 92. Туманность Андромеды по фотографии Робертса.

как правильного шарообразного вида, так и бесформенных (рис. 90 и 91).

Кроме звездных скоплений встречаются туманные пятна или туманности.

Одни из этих туманностей представляют отдаленные звездные скопления, в которых мы не можем различать отдельных звезд (рис. 93), другие—массы еще неуплотненной, первобытной материи. С течением времени такие туманности, постепенно сгущаясь, могут образовать звезду или целое звездное скопление. На рис. 94 мы имеем спиральную туманность с двумя центрами сгущения, на рис. 95 видны остатки первобытной материи, из которой сформировались звезды Плеяд.

Млечный путь. В темную ясную ночь видна на небе широкая матовая полоса, которая тянется через созвездия: М. Пса, Ориона, Близнецов Возничего, Персея, Кассиопеи, Цефея, Лебедя, Лиры, Орла, Змеедержца и носит название Млечного пути. Полоса эта, как оказывается, представляет скопление огромного числа очень мелких звезд (рис. 95 и 96).

Строение вселенной. Планета со своими спутниками составляет систему первого порядка. Солнце со всеми планетами и кометами, которые движутся вокруг него, представляют уже более сложную систему второго порядка, размер которой во много раз превосходит размеры систем первого

порядка. Иногда в одной такой системе являются два, три, четыре и более солнц.

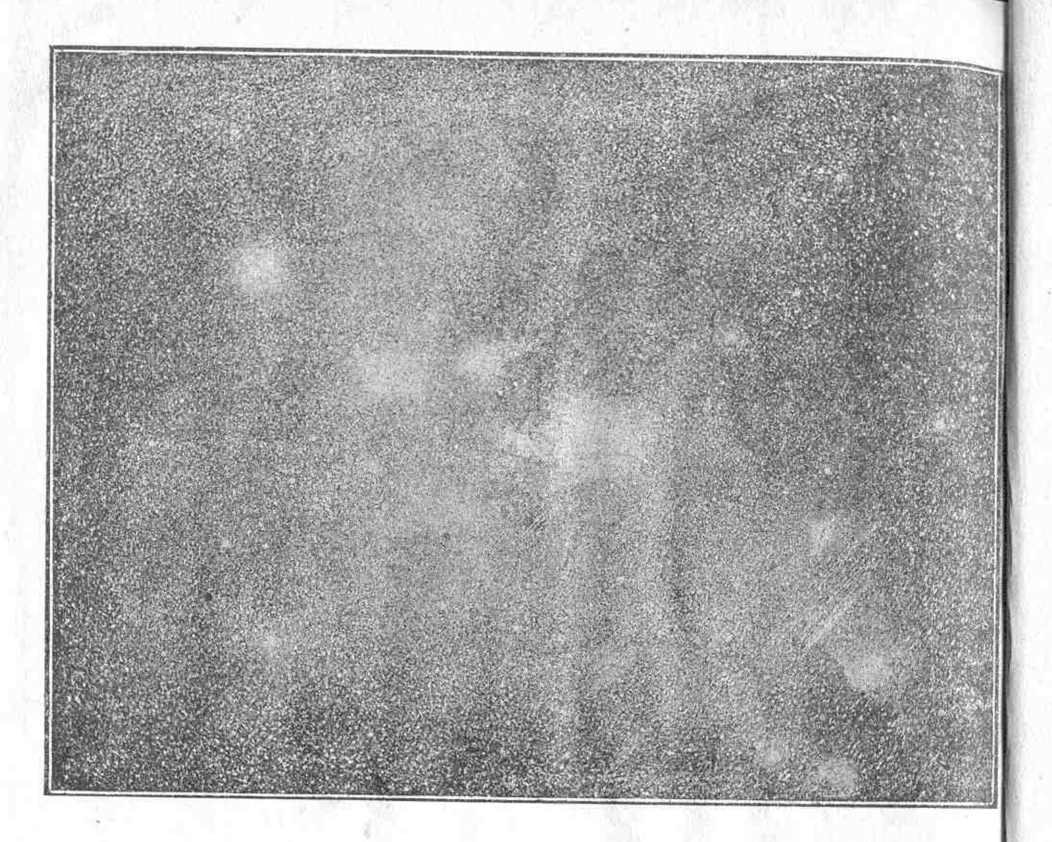
Все видимые нами звезды, находясь на громадных расстояниях друг от друга, соединяются в одну систему, которая может быть названа систе-



Рис. 93. Спиральная туманность в созвездии Гончих Собак.

Рис. 94. Туманности около звезд в Плеядах.

мой третьего порядка. В ней громадное солнце является лишь точкой, свет от одного конца до другого идет сотни лет, тогда как через нашу солнечную систему он приходит только в 8 часов, а от луны до земли он идет всего $1^1/_4$ секунды.



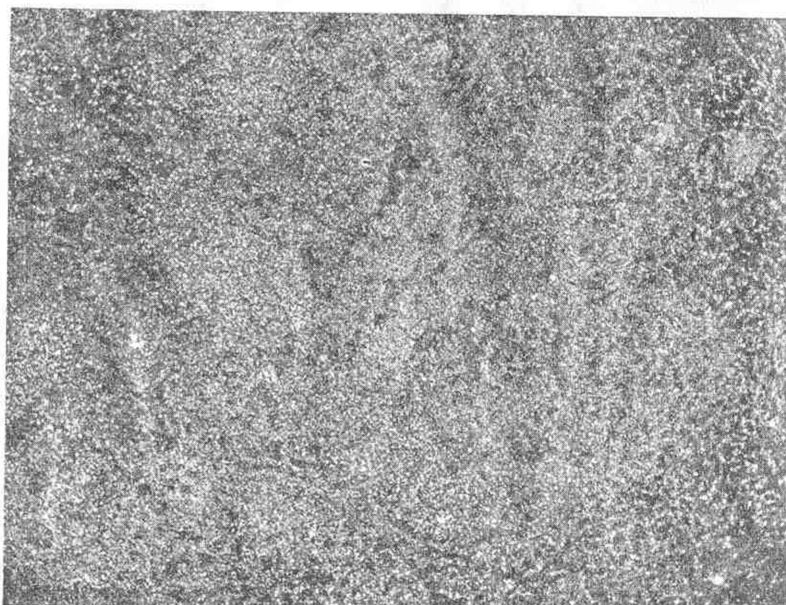


Рис. 95. }
Рис. 96. } Млечный путь по фотографии Барнарда.

Широта и долгота главнейших городов и населенных мест СССР.

Долгота рассчитана во времени от Гринвича.

Город.	Широта.		Долгота.	
Азов	47°	07′	2ч.	37.7м.
Акмолы	51	16	3	42.4
Акмолинск	51	12	4	45.5
Алатырь	54	51	3	06.3
Александрия	48	40	2	12.5
Александровск	47	49	2	20.7
Александрополь	40	48	3	06.4
Ананьев	47	43	1	59.8
Анапа	44	54	2	29.3
Андижан	40	49	4	49.5
Ардатов Ниж.	55	14	2	52.4
Ардатов Симб.	54	51	3	05.0
Арзамас	55	23	2	55.3
Архангельск	64	32	2	42.3
Астрахань	46	21	3	12.1
Асхабад	37	45	3	53.3
Ахалцых	41	39	2	51.9
Ахтырка	50	18	2	19.7
Баку	40	21	3	19.3
Балаклава	44	30	2	14.4
Балта	47	56	1	58.5
Барнаул	53	20	5	35.3
Батум	41	40	2	46.3
Бахмут	48	35	2	32.0
Бахчисарай	44	45	2	15.9
Белая Церковь	49	47	2	00.6
Белгород	50	36	2	26.6
Бердичев	49	54	1	54.3
Бердянск	46	45	2	27.3
Бийск	52	32	5	41.2

Город.	Широта.		Долгота.	
Благовещенск	50°	15′	8ч.	30.3м.
Бобруйск	53	08	1	53.8
Богуслав	49	03	2	02.1
Болхов	53	27	2	24.1
Борисов	54	15	1	54.1
Борисоглебск	51	22	2	48.4
Брянск	53	15	2	17.3
Бугуруслан	53	39	3	31.1
Бузулук	52	47	3	29.0
Бутурлиновка	50	44	2	42.8
Васильков	50	11	2	01.3
Велиж	55	37	2	04.9
Великий Устюг	60	46	3	05.3
Великие Луки	56	21	2	02.1
Верный	43	16	5	06.9
Ветлуга	57	51	3	03.2
Витебск	55	12	2	00.8
Владивосток	43	07	8	47.7
Владикавказ	43	02	2	58.7
Владимир губ.	56	08	2	41.6
Вознесенск	47	34	2	05.3
Вологда	59	13	2	39.5
Вольск	52	02	3	09.6
Воронеж	51	40	2	36.8
Вотк. зав. Вят. г.	57	27	3	32.0
Вытегра	61	00	2	25.8
Вышний Волочек	57	35	2	18.1
Вязьма	55	12	2	17.0
Вятка	58	36	3	18.7
Галич	58	23	2	49.4

Город.	Широта.		Долгота.	
оргиевск	44°	09′	2 ч.	53.9 м.
азов	58	08	3	30.7
ухов	51	41	2	15.6
мель	52	25	2	04.3
ри	41	59	2	56.4
оки Мог. . . .	54	17	2	04.4
рьев	47	07	3	28.0
рбент	42	04	3	11.5
тское Село . .	59	42	2	01.6
изак	40	07	4	31.1
атория	45	11	2	13.4
к	46	43	2	33.1
теринбург . .	56	49	4	02.4
теринослав . .	48	28	2	20.6
тьма	54	58	2	47.1
ц	52	37	2	34.0
заветполь . . .	40	41	3	05.5
ссейск	58	27	6	07.7
таевск	47	15	3	08.2
ентуки	44	02	2	51.4
ремов	53	08	2	32.4
овьевск	48	31	2	09.3
тополь	48	49	2	06.3
тоуст	55	10	3	58.7
н.-Вознесенск .	57	01	2	44.3
м	49	11	2	29.1
ит	57	41	4	12.3
утск	52	16	6	57.1
нь	55	47	3	16.5
иск	55	27	5	13.2
та	57	31	2	25.0
нец-Подольск .	48	40	1	46.3
шин	50	05	3	01.6
чёв	53	07	2	19.9
мов	54	56	2	45.5
. . . .	64	57	2	18.6

Город.	Широта.		Долгота.	
Керчь	45°	21′	2 ч.	26.0 м.
Киев	50	27	2	02.0
Кизляр	43	51	3	06.8
Кинешма	57	27	2	48.7
Кисловодск . . .	43	54	2	50.8
Клин	56	20	2	26.9
Кобеляки	49	09	2	08.3
Козлов	52	53	2	42.1
Козмодемьянск . .	56	21	3	06.2
Коканд	40	31	4	44.0
Кола	68	53	2	12.1
Коломна	55	05	2	35.0
Конотоп	51	14	2	13.0
Кострома	57	46	2	43.7
Красноводск . . .	40	00	3	32.0
Краснодар	45	01	2	36.0
Красноуфимск . .	56	38	3	50.7
Красноярск . . .	56	01	6	12.6
Кременчуг	49	04	2	13.6
Кронштадт	60	00	1	59.1
Кузнецк Сар. г. .	53	07	3	06.7
Кузнецк Томск. г. .	53	45	5	48.8
Курск	51	44	2	24.8
Кутаис	42	16	2	50.8
Лебедянь	50	35	2	18.0
Ленинград	59	57	2	01.2
Ленкорань	38	46	3	15.4
Ливны	52	25	2	30.4
Липецк	52	37	2	38.4
Лодейное Поле . .	60	44	2	14.2
Лубны	50	01	2	12.3
Луганск	48	27	2	34.0
Майкоп	44	36	2	40.4
Мариуполь	47	06	2	30.5
Мезень	65	50	2	57.1
Мелитополь . . .	46	51	2	21.5

Город.	Широта.		Долгота.	
Мигулинская . . .	49°	32′	2 ч.	50.7 м.
Минск	53	54	1	50.
Минусинск	53	43	6	06.9
Могилев г.	53	54	2	01.3
Могилев-Подольск.	48	27	1	51.2
Моздок	43	44	2	58.7
Моршанск	53	26	2	47.4
Москва	55	45	2	30.3
Муром	55	35	2	48.3
Мценск	53	17	2	26.3
Нахичевань . . .	47	14	2	39.1
Невьянский зав. .	57	30	4	01.3
Нежин	51	03	2	07.8
Нижне-Тагил. зав. .	58	03	4	01.3
Нижне-Колымск .	68	32	10	42.9
Нижний-Новгород .	56	20	2	56.0
Николаевск на Ам.	53	08	9	22.9
Николаевск Сар. .	52	00	3	15.2
Николаев	46	58	2	07.9
Новгород	58	31	2	05.1
Новомосковск . .	48	38	2	21.1
Новочеркаск . . .	47	25	2	40.4
Нуха	41	12	3	08.8
Одесса	46	29	2	03.3
Омск	54	59	4	53.5
Онега	63	54	2	32.0
Орел	52	58	2	34.3
Оренбург	51	45	3	40.4
Оханск	57	43	3	41.6
Охотск	59	21	9	33.2
Очаков	46	37	2	06.2
Павлоград	48	32	2	23.5
Пенза	53	11	3	00.1
Пермь	58	01	3	45.1
Петрозаводск . .	61	47	2	17.6
Петропавл. Акм. .	54	53	4	36.4

Город.	Широта.		Долгота.	
Петропавл. порт .	53°	01′	10 ч.	34.9 м.
Пинега	64	42	2	53.6
Полоцк	55	29	1	55.0
Полтава	49	35	2	18.3
Поти	42	08	2	46.6
Псков	57	49	1	53.3
Пулково, Обсерв. .	59	46	2	01.3
Пятигорск	44	03	2	52.4
Ржев	56	16	2	17.4
Ромны	50	45	2	14.0
Ростов-на-Дону .	47	13	2	38.0
Рыбинск	58	03	2	35.5
Ряжск	53	43	2	40.2
Рязань	54	38	2	39.9
Самара	53	11	3	20.4
Самарканд	39	39	4	28.0
Саранск	54	11	3	00.8
Сарапул	56	28	3	35.2
Саратов	51	32	3	04.3
Севастополь . . .	44	37	2	14.1
Семипалатинск . .	50	24	5	20.4
Серпухов	54	54	2	29.7
Симферополь . . .	44	57	2	16.4
Скопин	53	49	2	38.2
Славянск	48	51	2	30.4
Слуцк Минск. г. .	53	02	1	50.2
Смоленск	54	47	2	08.2
Ставрополь Кавк. .	45	03	2	48.0
Старая Русса . .	57	59	2	05.4
Стародуб	52	35	2	11.0
Сумы	50	54	2	19.2
Сухум-Кале . . .	42	59	2	44.0
Сызрань	53	09	3	14.5
Таганрог	47	12	2	35.8
Тамбов	52	44	2	45.8
Ташкент	41	20	4	37.2

Город.	Широта.		Долгота.	
ерь	56°	52′	2 ч.	23.6 м.
ир-Хан-Шура .	42	50	3	08.4
флис	41	42	2	59.3
больск	58	13	4	33.1
иск	56	29	5	39.8
жок	57	02	2	19.8
ицк	54	05	4	06.2
а	54	12	2	30.5
гай	49	38	4	14.4
мень	57	10	4	22.1
ьяновск	54	19	3	13.6
нь	48	45	2	01.8
льск	51	12	3	25.4
. . . .	54	43	3	43.8
аровск	48	28	9	00.5
ьков	50	00	2	24.9

Город.	Широта.		Долгота.	
Хвалынск	52°	30′	3 ч.	12.4 м.
Херсон	46	38	2	10.5
Царицын	48	42	2	58.1
Черкасы	49	27	2	08.3
Чернигов	51	29	2	05.2
Чигирин	49	05	2	10.7
Чистополь	55	22	3	22.6
Чита	52	01	7	34.0
Шемаха	40	38	3	14.6
Шуша	39	46	3	07.0
Шуя	56	51	2	45.6
Эривань	40	10	2	58.0
Якутск	62	01	8	39.0
Ялта	44	30	2	16.8
Ярославль	57	37	2	39.6
Феодосия	45	01	2	21.6

Положение главнейших звезд, звездных склонений и туманностей.

Звезды.	Величина.	Прям. восх.	Склон.	
α Андромеды	2.0	0 час. 3 мин.	+28°	36
β Кассиопеи	2.1	4	+58	39
γ Пегаса	2.6	8	+14	41
α Кассиопеи	Перем. 2.2—2.8	35	+56	3
β Кита	2.0	39	−18	29
γ Кассиопеи	2.0	51	+60	14
β Андромеды	2.3	1 час. 4 мин.	+35	8
Полярная	2.0	27	+88	50
γ Андромеды	2.4	28	+41	54
α Овна	2.0	2 час. 2 мин.	+23	2
ο Кита	Перем. 1.7—9.0	14	— 3	23
α Кита	2.3	57	+ 3	44
β Персея	Перем. 2.2—3.7	3 час. 2 мин.	+40	36
α Персея	2.0	18	+49	32
α Тельца	1	4 час. 31 мин.	+16	19
α Возничего	1	5 час. 10 мин.	+45	54
β Ориона	1	10	— 8	18
γ Ориона	2.0	20	+ 6	16
β Тельца	2.0	20	+28	32
δ Ориона	Перем. 2.2—2.7	27	— 0	22
ε Ориона	2.0	32	— 1	16
α Ориона	Перем. 1.0—1.4	50	+ 7	23
β Возничего	2.0	52	+44	56
γ Близнецов	2.3	6 час. 33 мин.	+16	29
α Б. Пса	1	41	−16	36
ε Б. Пса	1.6	55	−28	51
δ Б. Пса	2.0	7 час. 5 мин.	−26	14
α Близнецов	2.0	29	+32	6
α Мал. Пса	1	35	+45	27
β Близнецов	1.3	40	+28	15
α Гидры	2.0	9 час. 23 мин.	— 8	16
α Льва	1.3	10 час. 4 мин.	+12	24
β Б. Медвед.	2.3	56	+56	52
α Б. Медвед.	2.0	58	+62	14
δ Льва	2.3	11 час. 9 мин.	+21	1
β Льва	2.0	44	+15	4
γ Б. Медвед.	2.3	49	+54	12
γ Ворона	2.0	12 час. 11 мин.	−17	2
δ Ворона	2.3	25	−16	1
β Ворона	2.3	30	−22	54
ε Б. Медвед.	2.0	50	+56	27
ζ Б. Медвед.	2.1	13 час. 20 мин.	+55	24
α Девы	1	20	−10	42
η Б. Медведицы . . .	2.0	44	+49	46
α Волопаса	1	14 час. 12 мин.	+19	39
α Весов	2.3	46	−15	40
β Мал. Медвед. . . .	2.0	51	+74	31

Звезды.	Величина.	Прям. восх.	Склон.
β Весов	2.0	15 час. 12 мин.	— 9° 3′
α Сев. Короны	2.0	30	+27 1
α Змеи	2.3	39	+ 6 42
δ Скорпиона	2.3	55	—22 25
β Скорпиона	2.0	16 час. 0 мин.	—19 35
α Скорпиона	1.3	24	—26 14
β Геркулеса	2.3	26	+21 41
η Змеедержца	2.3	17 час. 5 мин.	—15 37
α Змеедержца	2.0	30	+12 37
γ Дракона	2.3	54	+51 30
α Лиры	1	18 час. 34 мин.	+38 42
α Стрельца	2.3	50	—26 24
α Орла	1.3	19 час. 46 мин.	+ 8 38
γ Лебедя	2.4	20 час. 19 мин.	+39 58
α Лебедя	1.6	38	+44 57
ε Пегаса	2.3	21 час. 40 мин.	+ 9 28
α Южн. Рыб	1.3	22 час. 53 мин.	—30 6
β Пегаса	Перем. 2.2—2.7	59	+27 36
α Пегаса	2.0	23 час. 0 мин.	+14 43
Зв. ск. в Персее		2 час. 12 мин.	+56° 39′
Плеяды (зв. η)		3 42	+23 48
Зв. ск. в Раке		8 45	+20 19
Зв. ск. в Гергулесе		16 38	+36 40
Тум. в Андромеде		0 час. 37 мин.	+40° 38′
Тум. в Орионе		5 30	— 5 27
Тум. в Лире		18 49	+32 54

Таблицы больших планет.

ПЛАНЕТА.	Среднее расстояние от солнца в		Эксцентрисит. орбиты.	Наклон. орб. к эклиптике.	Сидерическое время обращения около солнца.		Синодическое время оборота в днях.	Масса по отнош.	
	астр. едни.	километрах.			в сутках.	в годах.		к солнцу.	к земле.
Меркурий	0.387	57850000	0.206	7°	87.97	0.2408	115.9	1/6000000	0.05
Венера	0.723	108100000	0.007	3	224.70	0.6152	583.7	1/408390	0.79
Земля	1.000	149500000	0.017	0	365.26	1.0000	—	1/329390	1.00
Марс	1.524	227800000	0.093	2	687.68	1.8800	779.0	1/3093500	0.10
Юпитер	5.203	777800000	0.048	1	4432.59	11.8620	398.6	1/1047	3.10
Сатурн	9.539	1426000000	0.056	2	10759.25	29.4572	377.3	1/3502	93
Уран	19.183	2868000000	0.046	1	30688.30	84.0202	369.2	1/22869	14
Нептун	30.055	4493000000	0.009	2	60181.11	164.7669	367.2	1/19314	17

ПЛАНЕТА.	Экваториальный диаметр в		Объем по отнош. к земле.	Плотность		Тяжесть на поверхности.	Время вращения около оси.	Сжатие.
	килом.	частях земного диам.		по отн. к пл. земли.	по отнош. к воде.			
Меркурий	4800	0.36	0.05	1.00	5.5	0.25	88.97 сут.	—
Венера	12700	0.99	0.98	0.80	4.5	0.88	33 час.	—
Земля	12756	1.00	1.00	1.00	5.5	1.00	23 час. 56 мин. 4 сек.	1/294
Марс	6700	0.53	0.15	0.67	3.7	0.37	24 37 23	1/19
Юпитер	141000	11.00	1330.0	0.24	1.3	2.54	9 55	1/16
Сатурн	120000	9.50	860.0	0.11	0.6	1.00	10 14	1/12
Уран	53000	4.10	69.0	0.20	1.1	0.83	—	—
Нептун	48500	3.80	55.0	0.31	1.7	1.17	—	—

Таблицы солнца, луны и спутников.

	Солнце.		Луна.
Параллакс.	8″.8	Параллакс.	57′2″
Расстояние.	14950000 км.	Расстояние.	384400 км.
Видим. радиус.	16′	Вид. радиус.	15′33″
Диаметр. лин.	109 земн. диам.	Лин. диаметр.	0,27 земн. диам.
Масса.	329390 земн. м.	Масса.	$^{1}/_{81}$ земн. массы.
Плотность.	$^{1}/_{4}$ земн. плот.	Плотность.	0,6 земн. плот.
Сидерич. обращ.	365,2563 сут.	Сидер. обр.	27,32166 сут.
Тропическ. обр.	365,2422 »	Синодич. обр.	29,53059 »
Врем. вращ.	25 дн. (на экват.).	Врем. вращ.	27,32 сут.

Спутники.

Марса.	Диаметр в килом.	Средн. расстояние от план. в частях экват. радиуса планеты.	Сидерич. время обращения в сут.
Фобос.	8.3	2.77	0.3189
Деймос.	7.2	6.92	1.2624
Юпитера.			
I	3930	5.944	1.7691
II	3260	9.452	3.5512
III	5700	15.086	7.1546
IV	5360	25.535	16.6890
Сатурна.			
Мимас.	513	3.01	0.9424
Энцеляд.	635	3.87	1.3702
Федита.	989	4.79	1.8878
Диона.	941	6.14	2.7369
Рея.	1225	8.57	4.5175
Титан.	2443	19.87	15.9454
Гиперион.	330	24.08	21.2765
Япет.	843	57.91	79.3294
Урана.			
Ариель.	—	7.21	2.5204
Умбриель.	—	10.05	4.1442
Титания.	910	16.47	8.7059
Оберон.	875	22.02	13.4633
Нептуна.			
Спутник.	3630	14.55	5.8768

СОЗВЕЗДИЯ НА КАРТЕ.

1 — Большая Медведица.
2 — Малый Лев.
3 — Большой Лев.
4 — Малая Медведица.
5 — Волосы Вероники.
6 — Дева.
7 — Ворон.
8 — Дракон.
9 — Волопас.
10 — Северная Корона.
11 — Весы.
12 — Змея.
13 — Скорпион.
14 — Геркулес.
15 — Змеедержец.
16 — Лира.
17 — Орел.
18 — Антиной.
19 — Стрелец.
20 — Лебедь.
21 — Дельфин.
22 — Малый Конь.
23 — Козерог.
24 — Цефей.
25 — Пегас.
26 — Водолей.
27 — Андромеда.
28 — Рыбы.
29 — Кассиопея.
30 — Овен.
31 — Кит.
32 — Персей.
33 — Треугольник.
34 — Телец.
35 — Эридан.
36 — Возничий.
37 — Орион.
38 — Заяц.
39 — Большой Пес.
40 — Близнецы.
41 — Малый Пес.
42 — Рак.
43 — Гидра.

